



FABRÍCIO RIVELLI MESQUITA

**NÍVEIS E FORMAS DE VITAMINA D EM
RAÇÕES PARA FRANGOS DE CORTE**

LAVRAS - MG

2012

FABRÍCIO RIVELLI MESQUITA

**NÍVEIS E FORMAS DE VITAMINA D EM RAÇÕES PARA FRANGOS
DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Antonio Gilberto Bertechini

LAVRAS - MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Mesquita, Fabrício Rivelli.

Níveis e formas de vitamina D em rações para frangos de corte /
Fabrício Rivelli Mesquita. – Lavras : UFLA, 2012.
100 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Antonio Gilberto Bertechini.

Bibliografia.

1. Nutrição avícola. 2. Colecalciferol. 3. Hidroxicolecalciferol.
4. Fósforo. 5. Cálcio. 6. Metabólitos. 7. Características ósseas. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.513

FABRÍCIO RIVELLI MESQUITA

**NÍVEIS E FORMAS DE VITAMINA D EM RAÇÕES PARA FRANGOS
DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA 27 de abril de 2012.

Dr. Fábio Augusto Gomes	UFAC/Campus Cruzeiro do Sul
Dr. Adriano Geraldo	IFMG/ Campus Bambuí
Dr. José Luís Contado	UFLA
Pós-Dra. Ellem Waleska N. Fonseca	UFLA

Dr. Antonio Gilberto Bertechini
Orientador

LAVRAS - MG

2012

A Deus, pela minha existência e por me guiar em todos os momentos.

Aos meus pais, Geraldo Sebastião Mesquita e Heloísa A. Rivelli

Mesquita, ao meu irmão Flávio Rivelli Mesquita e a sua esposa

Geysiane Custódio Rivelli Mesquita e ao meu sobrinho

(fonte de alegria) Otávio Custódio Rivelli

Mesquita pelo significado da vida.

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À DSM Produtos Nutricionais, pelo apoio financeiro e fornecimento dos suplementos vitamínicos para a realização deste trabalho.

Ao professor Antonio Gilberto Bertechini, pela orientação, amizade, apoio e ensinamentos, durante longos anos de trabalhos.

Aos professores Fábio Augusto Gomes, José Luís Contado, Jerônimo Ávito Gonçalves de Brito e Geraldo Adriano e a pós-doutorando Ellem Waleska Fonseca pela cooperação, sugestões e ensinamentos, a Kamila pelo apoio e incentivo.

Aos funcionários Carlos, Keila, Geraldo, Cláudio, Eliana, Suelba, José Virgílio, Joelma e, em especial, Márcio Nogueira, pela amizade e auxílio na realização das análises laboratoriais, ao longo da nossa caminhada.

Aos alunos de graduação, Nicole, Mateus, Jaqueline, Letícia, Diego Flausino, Fernando, Rodrigo, Rogério, Bruno e Jamila, entre outros que auxiliaram na condução e análises do experimento e aos integrantes do NECTA, pelo convívio.

Aos colegas de pós-graduação, Henrique Braga Oliveira, Eduardo, Diego Remolina, Camila, Júlio Carvalho, Victor, Mateus, Antônio e Solange pela amizade, sugestões e valiosa colaboração no desenvolvimento deste trabalho, pelo agradável convívio e ajuda nas horas necessárias.

Aos eternos amigos (irmãos) de Lavras, Ricardo, Renato, Juliano, Adauto, Breno, João Carlos, Lucas, Rodrigo Pacheco e sua esposa Neila, Vanderley, Wladimir, Renan, Gleisson, Luan, Israel e Ezequiel.

Aos meus amigos de instituição (UFAC), Josimar e Camila, Fábio e Lidiane, Elisío, Willian, Rafael, Joareis, Romeu e Leonardo, que me acolheram nessa nova jornada.

A minha nova mãe Irmã Francila, pelo amor e carinho.

Aos meus primos, Fabíola, Luis Eduardo e Rodrigo que me apoiaram nos momentos difíceis.

A todos familiares, amigos e aqueles que colaboraram direta e/ou indiretamente, para realização deste trabalho.

AUTOBIOGRAFIA

Fabício Rivelli Mesquita, filho de Geraldo Sebastião Mesquita e Heloísa Auxiliadora Rivelli Mesquita, nasceu em 11 de novembro de 1979, na cidade de Lavras (MG).

Em março de 1999, iniciou sua graduação em Licenciatura Plena em Química. Nesse período seus pais dão início a uma criação de aves exóticas, de onde vem toda a essência que o inspira a trabalhar, estudar e a pesquisar nutrição de animais. Concluiu sua graduação pelo Centro Universitário de Lavras (UNILAVRAS), em dezembro de 2002.

Em agosto de 2003, ingressou no curso de mestrado em Ciências dos Alimentos, na área de concentração Bioquímica, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), defendendo a dissertação em agosto de 2005.

Em março de 2008, ingressou no curso de doutorado em Zootecnia, na área de concentração Nutrição de Monogástricos, na Universidade Federal de Lavras (UFLA), obtendo o título de doutor em 27 de abril de 2012.

Em 17 de fevereiro de 2011, tomou posse como professor Assistente na Universidade Federal do Acre, Campus Cruzeiro do Sul, atuando na área de Química.

RESUMO GERAL

Objetivou-se com o presente trabalho, avaliar os efeitos de diferentes formas e níveis de vitamina D (D_3 e 25-OHD $_3$) em rações de frangos de corte sobre o desempenho, características ósseas e fisiológicas dessas aves. Foram utilizados 1.920 pintos de um dia, machos, Cobb-500, provenientes de incubatório comercial, criados em sistema cama. O delineamento foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 8 repetições com 40 aves/repetição. Os níveis de suplementação de vitamina D foram na fase inicial de 70 e 87,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$; na fase de crescimento de 56 e 70 $\mu\text{g}/\text{kg}$ e na fase final de 35 e 47,35 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de ração, oriunda de duas formas (D_3 / 25-OHD $_3$), onde os tratamentos constituíram da suplementação de dois níveis de cada fonte isolada e suas associações (60% D_3 + 40% 25-OHD $_3$) de acordo com as fases em estudo. Aos 14 e 35 dias foram utilizadas 480 aves para o ensaio metabólico sendo avaliada a retenção e excreção de cálcio e fósforo, nos períodos de 19 a 21 e 40 a 42 dias. As rações foram à base de milho e farelo de soja, havendo suplementação de fitase (500 FTU/kg). O desempenho, características ósseas, níveis plasmáticos, densidade radiográfica óssea, rendimento de carcaça e retenção de cálcio e fósforo foram avaliadas. Observou-se na fase inicial de criação uma maior excreção de fósforo ($p<0,05$) pelas aves que receberam ração suplementada com vitamina D_3 , e a associação das duas formas proporcionou maior retenção de cálcio e fósforo ($p<0,05$) comparado com as aves que receberam ração suplementada apenas com D_3 , e maior retenção de fósforo ($p<0,05$) em relação às aves que receberam ração suplementada com 25-OHD $_3$. A fonte 25-OHD $_3$ suplementada em 87,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ gerou maiores ($p<0,05$) teores plasmáticos de cálcio (Ca) em relação à mesma fonte suplementada em 70 $\mu\text{g}/\text{kg}$, aos 21 dias. Na fase final de criação, as aves que receberam ração suplementada com vitamina D_3 apresentaram os menores ($p<0,05$) valores de consumo e retenção de cálcio e fósforo. A associação das formas resultou nos menores valores de excreção de cálcio e fósforo ($p<0,05$). Melhor conversão alimentar ($p<0,05$) e maior teor de cinzas ósseas foram obtidos pelas aves que consumiram a fonte de 25-OHD $_3$ e associações. Em todas as fases estudadas a suplementação combinada de D_3 +25-OHD $_3$ aumentou ($p<0,05$) a densidade tibial dos frangos de corte em relação a vitamina D_3 . Conclui-se que a adição de 25-OHD $_3$ em rações contendo vitamina D_3 melhora a conversão alimentar, aumenta os teores plasmáticos de Cálcio, aumenta a densidade óssea das aves e gera maiores coeficientes de retenção de Cálcio e Fósforo, menor excreção de fósforo, independentemente da fase de criação dessas aves.

Palavras-chave: Colecalciferol. Frango de corte. Hidroxicolecalciferol.

GENERAL ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of different levels and levels of vitamin D (D_3 and 25-OHD $_3$) in diets of broilers on performance, bone and physiology characteristics these birds. A total of 1920 1-d-old male chicks Cobb-500 from commercial hatchery, reared under bed. The birds were distributed in 6 treatments and 8 replicates with 40 birds per treatment in a completely randomized design. The levels of vitamin D supplementation were in initial phase 70 and 87.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$; in grower phase 56 and 70 $\mu\text{g}/\text{kg}$ and in finisher phase 35 and 47.35 $\mu\text{g}/\text{kg}$ of feed, originating from two forms (D_3 / 25-OHD $_3$), where the treatments consisted of supplementation of two levels isolated from each level and their associations (60% D_3 + 40% 25-OHD $_3$) according to the study phases. In the metabolism assay 480 birds were separated to be used from 14 to 35 days, which was evaluated retention and excretion of calcium (Ca) and phosphorus (P) in the periods 19 to 21 d and 40 to 42 d. The basal feed were corn-soybean meal based supplemented with phytase (500 FTU/kg). The performance, bone characteristics, plasma levels, bone radiographic density, carcass yield and P and Ca retention were evaluated. It was observed in the initial creation phase an increased phosphorus excretion ($p<0.05$) by birds fed diets supplemented with vitamin D_3 , and the association of the two forms resulted in higher retention of Ca and P ($p<0.05$) than the birds fed diets supplemented with just vitamin D_3 , and higher P retention ($p<0.05$) than the birds fed diets supplemented with 25-OHD $_3$. The source 25-OHD $_3$ supplemented in 87.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ provided higher ($p<0.05$) plasma levels of calcium (Ca) in relation to the same supplemented source in 70 $\mu\text{g}/\text{kg}$, to the 21 d. In the final phase, the birds fed diets supplemented with vitamin D_3 had the lowest ($p<0.05$) values of consumption and retention of calcium and phosphorus. The forms association resulted in lower excretion values of Ca and P ($p<0.05$). The birds receiving a source of 25-OHD $_3$ and the association had better feed conversion ratio ($p<0.05$) and higher bone ash content. At all stages studied D_3 +25 combined supplementation increased tibial density ($p<0.05$) of broilers in relation to vitamin D_3 . The results suggest that the addition of 25-OHD $_3$ in the feed supplemented with vitamin D_3 improve the feed conversion, increase the Ca plasma level, increases bone density of the birds and provides higher retention coefficients of Ca and P and lower P excretion, independently of growth birds phase.

Keywords: Cholecalciferol. Broiler. Hydroxycholecalciferol.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Níveis e formas de suplementação de vitamina D para frangos de corte em diferentes fases de criação	44
Tabela 2	Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais	46
Tabela 3	Teores de cálcio (Ca) e fósforo total (Pt) calculados (analisados ¹) nas rações experimentais, nas diferentes fases de criação.....	49
Tabela 4	Consumo de ração (kg/ave), ganho de peso (kg/ave) e conversão alimentar (kg/kg) de frangos de corte na idade de 01 – 21 dias de idade submetidos a diferentes níveis/formas de suplementação de vitamina D	51
Tabela 5	Consumo de ração (kg/ave), ganho de peso (kg/ave) e conversão alimentar (kg/kg) de frangos de corte na idade de 01 a 42 dias de idade submetidos a diferentes níveis/formas de suplementação de vitamina D	53
Tabela 6	Cinzas ósseas (%) em tíbias de frangos de corte, aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias de idade, submetidos a rações contendo níveis/formas de suplementação de vitamina D (base de matéria seca desengordurada)	55
Tabela 7	Cálcio (%) em tíbias de frangos de corte, aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias de idade, submetidos a rações contendo níveis/formas de suplementação de vitamina D (base de matéria seca e desengordurada)	57
Tabela 8	Fósforo (%) em tíbias de frangos de corte aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias de idade (valores expressos em base de matéria seca desengordurada)	58

Tabela 9	Concentração (mg/dL) de cálcio e fósforo no sangue das aves.....	59
Tabela 10	Densitometrias radiográficas (mmAl) em tíbias de frangos de corte aos 14, 28 e 42 dias de idade, submetidos a rações contendo dois níveis e três formas de suplementação de vitamina D	63
Tabela 11	Avaliação de características de carcaça (rendimento de carcaça – RC; rendimento de peito – RP e rendimento de coxa + sobrecoxa - RCS) de frangos de corte, aos 42 dias	65

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Níveis e formas de suplementação de vitamina D para frangos de corte em diferentes fases de criação	79
Tabela 2	Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais	81
Tabela 3	Composição calculada (analisada) de cálcio e fósforo nas rações experimentais, em diferentes fases de criação na base natural ¹	83
Tabela 4	Consumo (CCa – g/ave), excreção aparente (ECa – g/ave) e retenção aparente (RCa – g/ave) de cálcio em frangos de corte no período de 19 a 21 dias de idade, submetidos a formas e níveis de vitamina D	84
Tabela 5	Consumo (CCa – g/ave), excreção aparente (ECa – g/ave) e retenção aparente (RCa – g/ave) de cálcio em frangos de corte no período de 40 a 42 dias de idades, submetidos a formas e níveis de vitamina D	86
Tabela 6	Consumo (CP – g/ave), excreção aparente (EP – g/ave) e retenção aparente (RPt – g/ave) de fósforo em frangos de corte no período de 19 a 21 dias de idade, submetidos a formas e níveis de vitamina D.....	87

Tabela 7	Consumo (CP – g/ave), excreção aparente (EP – g/ave) e retenção aparente (Rpt – g/ave) de fósforo em frangos de corte no período de 40 a 42 dias de idade, submetidos a formas e níveis de vitamina D.....	89
Tabela 8	Coefficiente de retenção aparente de cálcio (CRACa – %) e fósforo (CRAP – %) em frangos de corte no período de 19 a 21 dias de idade, submetidos a formas e níveis de vitamina D	90
Tabela 9	Coefficiente de retenção aparente de cálcio (CRACa – %) e fósforo (CRAP – %), em frangos de corte (no período de 40 a 42 dias de idade), submetidos a formas e níveis de vitamina D.....	92
Tabela 10	Concentração de cálcio (CaE – %) e fósforo total (PE – %) nas excretas de frangos de corte no período de 19 a 21 dias de idade, expressos na matéria seca, submetidos a formas e níveis de vitamina D	94
Tabela 11	Concentração de cálcio (CaE – %) e fósforo (PE – %) nas excretas de frangos de corte no período de 40 a 42 dias de idade, expressos na matéria seca, submetidos às formas e níveis de vitamina D	95

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	Introdução Geral	15
1	INTRODUÇÃO		15
2	REVISÃO DE LITERATURA		18
2.1	Vitamina D e suas exigências em frangos de corte		18
2.2	Deficiência de vitamina D em aves		22
2.3	Considerações sobre cálcio e fósforo		24
2.4	Características ósseas e desempenho de frangos de corte		27
	REFERÊNCIAS		31
	CAPÍTULO 2	Níveis e formas de vitamina D em rações de frangos de corte e seus efeitos sobre desempenho, rendimento de carcaça, níveis plasmáticos de cálcio e fósforo, características e densidades ópticas radiográficas ósseas	37
1	INTRODUÇÃO		39
2	MATERIAL E MÉTODOS		43
2.1	Local e época de realização		43
2.2	Aves, instalações e equipamentos		43
2.3	Delineamento e tratamentos experimentais		44
2.4	Rações e manejo experimental		45
2.5	Análises laboratoriais		49
2.6	Análise estatística		50
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO		51
3.1	Desempenho das aves		51
3.2	Características ósseas		54
3.3	Níveis plasmáticos		59
3.4	Densitometria óssea radiográfica		62
3.5	Características de carcaça		65
4	CONCLUSÃO		67
	REFERÊNCIAS		68
	CAPÍTULO 3	Níveis e formas de vitamina D em rações de frangos de corte e seus efeitos sobre balanço e retenção de cálcio e fósforo	73
1	INTRODUÇÃO		75
2	MATERIAL E MÉTODOS		78
2.1	Local e época de realização		78
2.2	Aves, instalações e equipamentos		78
2.3	Delineamento e tratamentos experimentais		79
2.4	Rações e manejo experimental		80
2.5	Metodologia		82
2.6	Análises laboratoriais		82

2.7	Análises das rações experimentais	83
2.8	Características avaliadas	83
2.9	Análise estatística.....	83
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
3.1	Consumo, excreção e retenção (absolutos) de cálcio e fósforo.....	84
3.2	Coefficientes de retenção de cálcio e fósforo	90
3.3	Concentração de cálcio e fósforo nas excretas	93
4	CONCLUSÃO	97
	REFERÊNCIAS	98

CAPÍTULO 1 Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

A formulação comercial de dietas para frangos de corte consiste na combinação de ingredientes em proporções adequadas para atingir o perfil nutricional desejado, visando nível ótimo entre desempenho e custo e, portanto, máxima rentabilidade. Entre os componentes utilizados na formulação estão os suplementos de micronutrientes, como as vitaminas e de macrominerais, como cálcio (Ca) e fósforo (P).

A redução das perdas no processo produtivo seja diminuição na mortalidade e ou desuniformidade do lote, é sempre uma meta a ser atingida. Nesse contexto, a busca incessante por alternativas que venham a reduzir os custos e otimizar cada vez mais a produção é uma tarefa de técnicos, extensionistas, produtores e pesquisadores, no dia a dia (BRITO et al., 2010).

Durante as duas últimas décadas, o foco de interesse dos nutricionistas, em relação a esses problemas, gerou uma série de estudos, entre os quais se destacam artigos sobre os efeitos da vitamina D, do cálcio, do fósforo, do cloro, do zinco, do manganês, do cobre, das vitaminas A e C, da piridoxina, da colina, do ácido fólico, da niacina, da metionina, da cistina, da cisteína e da homocisteína (COOK, 2000).

De maneira geral, a utilização de níveis práticos aplicáveis a campo de suplementação da vitamina D, em diferentes fases da criação é discrepante às recomendações do National Research Council - NRC (1994), assim como há uma série de trabalhos, na literatura científica, divergentes em relação à fonte usada e aos resultados de desempenho e de redução de problemas de pernas e anomalias ósseas de frangos de corte (ATENCIO; EDWARDS JÚNIOR; PESTI, 2005).

Dentre os minerais exigidos pelas aves, o fósforo e o cálcio são considerados os mais importantes, em função das exigências para a melhor taxa de crescimento e também para a mineralização óssea.

Entre os macrominerais, o cálcio destaca-se por ser essencial à estrutura óssea e ao metabolismo, distribuído nos fluidos e tecidos do corpo. Alguns exemplos da necessidade de cálcio pelas aves referem-se à formação e manutenção dos ossos, formação da casca do ovo, transmissão de impulsos nervosos, coagulação sanguínea, contração muscular, ativador de sistemas enzimáticos, coadjuvante na secreção de alguns hormônios, entre outros (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002).

Níveis de cálcio, de fósforo, de alguns microminerais, principalmente zinco e manganês, de alguns aminoácidos e de algumas vitaminas, dentre as quais destaca-se a vitamina D, apresenta papel primordial no metabolismo de cálcio e fósforo e, conseqüentemente, na formação e no desenvolvimento do esqueleto, podem influenciar, de acordo com os níveis e as formas (metabólitos) de suplementação utilizadas, a incidência e a severidade desses problemas ósseos (BRITO et al., 2010).

No Brasil, não há estatística do custo/prejuízo gerado com problemas de pernas na produção de frangos de corte. No entanto, Cook (2000) relata que nos EUA, dados apontam um prejuízo no valor de US\$120 milhões, somando-se a produção de frangos e perus, sem contabilizar, no entanto, a avicultura de postura que, sabidamente, enfrenta também esse problema.

No mercado existem vários metabólitos de vitamina D produzidos artificialmente pela indústria. Entre os principais, destacam-se: 1 α -hidroxicolecalciferol, 25-hidroxicolecalciferol (25-OHD₃) e 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25-(OH)₂D₃).

Grande variação nos níveis de vitaminas empregados comercialmente para frangos de corte é observada (BARROETA et al., 2002; BASF CORPORATION, 1995; BERTECHINI, 2006; DSM..., 2011; LEESON, 2007).

Há no Brasil uma carência de estudos relacionados ao efeito do uso de diferentes formas (metabólitos) de vitamina D em rações de frangos de corte, avaliando as características ósseas. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar os efeitos de níveis e formas de vitamina D, sobre desempenho, rendimento de carcaça, níveis plasmáticos de Ca e P, densitometria óptica radiográfica, características ósseas e balanço e retenção de Ca e P, utilizando o metabólito 25-OHD₃, comparado com a forma tradicional/padrão de suplementação (vitamina D₃ - colecalciferol) em rações de frangos de corte.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Vitamina D e suas exigências em frangos de corte

A vitamina D foi descoberta em 1919. Em 1932 determinou-se a estrutura química da vitamina D₂ (de origem vegetal) e quatro anos mais tarde a da vitamina D₃ ou calciferol, de origem animal. Em 1971, identificou-se o 25 hidroxicolecalciferol (25-OHD₃) e, em 1976, o 1,25 dihidroxicolecalciferol (1,25(OH)₂D₃), considerado o metabólito ativo da vitamina D, responsável, entre outras funções, pela absorção intestinal de cálcio e fósforo.

Comercialmente essa vitamina é apresentada na forma de um pó branco cristalino ou amarelado. Ela é insolúvel em água, mas solúvel em óleo e muito solúvel em éter (REGINA, 2010).

Classificada como vitamina lipossolúvel, a vitamina D pode ser sintetizada pelas plantas e pelos animais. Um esteroide das plantas, o ergosterol, pela incidência de raios solares é convertido em ergocalciferol (vitamina D₂) e usualmente fonte de vitamina D das rações. O colecalciferol (vitamina D₃) é produzido exclusivamente pelos animais, por meio da conversão do 7-dehidrocolesterol, derivado do colesterol ou esqualeno, que é sintetizado no fígado e está presente em grandes quantidades na pele, na parede intestinal e em outros tecidos (ISLABÃO, 1982).

O ergocalciferol (vitamina D₂) possui propriedades muito limitadas ao ser usado em dietas como fator antiosteopenia, nas aves (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002). Ainda, segundo esses mesmos autores, a concentração de vitamina D na maioria dos ingredientes comumente utilizados na formulação de rações para aves é relativamente baixa.

A vitamina D ativa é originada do colecalciferol formado na pele pela ação não enzimática a partir do precursor 7-dehidrocolesterol, através dos raios

solares ultravioletas. A partir daí, a vitamina D deve passar por duas hidroxilações em sequência, sendo uma na posição 25 ocorrida no fígado através da 25-hidrolase e outra na posição um, nos rins, através da 1- α -hidrolase, sendo assim a vitamina está ativa (GONZALEZ; SILVA, 2006).

O colesterciferol normalmente é absorvido na porção final do duodeno, juntamente com lipídeos e outras vitaminas e compostos lipossolúveis, pela ação conjunta de ácidos e sais biliares e das lipases. Na ave, o colesterciferol passa para a corrente sanguínea na forma de quilomícrons, a qual chega até o fígado (KLASING, 1998).

Segundo Gonzalez e Silva (2006), a luminosidade é imprescindível para a síntese de vitamina D. Portanto, locais onde a radiação solar é reduzida os animais devem receber suplementação via dieta. A vitamina D está relacionada com a absorção de cálcio (Ca) e fósforo (P) na luz intestinal, promovendo a síntese de uma proteína carreadora de Ca. Atua sobre a paratireoide, estimulando a liberação do paratormônio (PTH).

Os níveis das vitaminas lipossolúveis são os que mais variam entre as recomendações do *NRC* (1994) e os níveis comerciais, eles são em média, 10 a 25 vezes superiores. Isso ocorre em função de que essas vitaminas estão envolvidas principalmente com o desenvolvimento e a manutenção das estruturas dos tecidos, a imunidade e a melhoria na qualidade da carne e podem ser armazenadas no organismo. Estudos conduzidos por Lofton e Soares Júnior (1986) e Waldroup et al. (1965) definiram as recomendações de vitamina D preconizadas pelo *NRC* (1994). Esses estudos basearam-se em características de crescimento e relacionadas à mineralização e à incidência de problemas de pernas das linhagens existentes em cada período específico.

A ação da vitamina D sobre os ossos promove a mobilização de Ca e P, pela ativação dos osteoclastos. Nos rins, a ação da 1,25(OH)₂D₃ é controversa e atuaria diminuindo a reabsorção tubular de P. No tecido ósseo, uma das funções

da $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ é a de induzir a diferenciação dos osteoclastos, que proliferam e aumentam a reabsorção óssea. Sabe-se que os osteoclastos não apresentam receptores para $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. Sua ação é provavelmente indireta, ativando inicialmente os osteoblastos (células envolvidas na formação óssea), os quais, através de fatores locais, ativam os osteoclastos. A $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ atua também nas glândulas paratireoides através de receptores específicos, diminuindo a secreção de PTH (WALDROUP et al., 1965).

A função geral de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ é manter níveis plasmáticos adequados (ação combinada com o PTH) de cálcio e fósforo, funcionando basicamente como um hormônio esteroide. O metabólito fisiologicamente ativo realiza essas funções (1) por meio da captação crescente de cálcio e fósforo pelo intestino, (2) por minimizar a perda de cálcio e fósforo pelos rins e (3) por estimular a reabsorção óssea, quando necessário (EDWARDS JÚNIOR, 2000).

Algumas funções também são relacionadas com a vitamina D. No entanto, com origem ainda não totalmente esclarecida, um exemplo seria o efeito da vitamina D em amplificar a resposta imune. Estudos verificaram depressão na resposta celular imune em frangos de corte alimentados com dietas deficientes em vitamina D_3 (ASLAM; GARLICH; QURESHI, 1998).

Os resultados experimentais ao longo desses últimos anos têm mostrado que a vitamina D é essencial ao processo de condrogênese (produção de cartilagem) e osteogênese (formação do tecido ósseo), principalmente durante o período de crescimento das aves (EDWARDS JÚNIOR, 2000; XU et al., 1997). Entretanto, o mecanismo pelo qual a vitamina D previne a discondroplasia tibial foi e continua sendo um assunto bastante controverso. Tem sido proposto que a vitamina D exerce um papel direto na regulação do metabolismo dos condrócitos (SILVA et al., 1995; XU et al., 1997). Essa hipótese é suportada, principalmente, pela recente demonstração de que o seu uso, como suplemento dietético, é essencial para promover diferenciação dos condrócitos, bem como

normalizar o crescimento no interior do disco de crescimento e prevenir a discondroplasia tibial.

Entretanto, ainda não está perfeitamente esclarecido por que as aves de crescimento rápido necessitam de altos níveis exógenos de vitamina D para prevenir a discondroplasia tibial, sugerindo que, nas aves de crescimento rápido, a síntese endógena é deficiente, e não consegue manter os níveis ideais de vitamina D, necessários para o processo de ossificação endocondral. Essa suposição é suportada pelo fato de que aves que possuem maior predisposição para desenvolver a lesão apresentam baixas concentrações plasmáticas de vitamina D, embora as concentrações circulantes de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ em pintos portadores de discondroplasia tibial sejam normais (ZUBAIR; LEESON, 1996).

Independente da fase de criação, as recomendações do *NRC* (1994) para vitamina D_3 são 200 UI/kg de ração que corresponde à suplementação de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de vitamina. Assim sendo, fatores, como desempenho, características ósseas, absorção e retenção de cálcio e fósforo, etc., presença de luz UV, fonte de vitamina, linhagem em estudo e condições das instalações, podem afetar a determinação das necessidades nutricionais de suplementação de vitamina D em rações de frangos de corte.

As necessidades de suplementação de vitamina D para otimizar as principais características de interesse em linhagens de baixa e de alta incidência de problemas de pernas em frangos de corte na ausência de luz UV, foram estudadas por Mitchell, Edwards Júnior e Mcdaniel (1997). Utilizando-se colecalciferol como fonte suplementar, a maioria das variáveis foi maximizada ou estabilizou quando a suplementação foi de 20 μg ou 800 UI/kg, independente da linhagem. Contudo, esse valor é reduzido à metade quando a fonte suplementar foi o 25-OHD_3 .

As necessidades nutricionais de vitamina D para frangos de corte (até 16 dias), foram determinadas por Edwards et al. (1994), em 275 UI/kg de ração

para o crescimento máximo; 503 UI/kg para maximizar cinzas ósseas; 552 UI/kg para cálcio plasmático e 904 UI/kg para a prevenção de raquitismo, em condições de ausência de luz. Segundo esses autores, a luz UV é bastante representativa (cerca de 800 UI/kg de ração) em reduzir a suplementação de colecalciferol para as aves.

O Guia DSM de Suplementação Vitamínica para Animais Domésticos (DSM..., 2011) preconiza a suplementação de vitamina D de 3.000-5.000 UI/kg de ração para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade e de 2.000-4.000 UI/kg de ração para as aves partir de 22 dias de idade.

As indústrias de suplementos normalmente trabalham com margens de segurança, principalmente para vitaminas lipossolúveis, em torno de 5 a 10 vezes acima das reais necessidades das aves. Há, nessas recomendações, uma série de fatores intrínsecos à exploração e ao manejo na avicultura de corte industrial (COELHO; MCKNIGHT; COUSINS, 2001).

No Brasil, Bertechini (2006) preconiza a suplementação de 3.000 UI/kg na fase inicial de criação de frangos de corte, reduzindo-se para 2.000 e 1.000 UI/kg nas fases de crescimento e final, respectivamente.

Os níveis médios usados pela indústria da área de suplementos vitamínicos no Brasil são, para as fases pré-inicial, inicial, crescimento e final, em média, de 3.100, 2.415, 1.880 e 1.235 UI/kg ração (Colecalciferol), respectivamente (NASCIMENTO; SILVA; LIMA, 2005).

2.2 Deficiência de vitamina D em aves

A seleção genética constante e a melhoria na nutrição vêm fazendo com que o frango de corte atinja o peso de abate cada vez mais cedo. Essa taxa de crescimento precoce é acompanhada por numerosos problemas tais como: aumento da deposição de gordura corporal, alta incidência de doenças

metabólicas e desordens no sistema locomotor. As anormalidades de locomoção são endêmicas e comumente referidas como fraqueza de pernas, com incidência e severidade variando entre diversas linhagens (ZUBAIR; LEESON, 1996).

No Brasil, não existem estatísticas estimando o custo com problemas esqueléticos na produção avícola industrial (frangos de corte, matrizes e poedeiras), no entanto, perdas com desuniformidade e mortalidade oneram os custos de produção de toda a cadeia avícola nacional. O surgimento de problemas ósseos, assim como outras desordens metabólicas de linhagens modernas de frangos e poedeiras, apresenta como principal origem o intenso melhoramento e a seleção genética ocorridos nas últimas décadas e coincide, sem sombras de dúvidas, com os excelentes índices zootécnicos apresentados pelas aves de produção industriais modernas (BRITO et al., 2010).

Além do crescimento rápido, predisposição genética, Freitas e Nunes (2001) relacionam fatores diversos que incluem deficiências nutricionais, toxinas, infecções e impropriedade de manejo. De um modo geral, as aves que são acometidas por esses problemas apresentam dificuldade de locomoção, sentem dores, desconforto físico com restrições de comportamento tendo sua taxa de crescimento reduzida (YALÇIN; SETTAR; DICLE, 1998). Dessa forma, os problemas de pernas, além de causarem deformidades ósseas e aumentarem o risco de fraturas e infecções, diminuem o desempenho no crescimento, aumentam a mortalidade e as condenações de carcaça (RATH et al., 1999).

Em aves a deficiência de vitamina D produz raquitismo, podendo os sintomas serem observados entre a 2^a e 3^a semana de idade dos animais. O bico e as unhas tornam-se moles e dobráveis. As pernas tornam-se fracas e os pintos apresentam tendência de não caminhar e, quando caminham, realiza com dificuldades, tentando equilibrar o corpo, o que indica falta de equilíbrio do animal. Esse enfraquecimento das pernas deve-se a uma alteração nos processos de absorção e de retenção de cálcio, o que resulta num desenvolvimento anormal

do tecido ósseo. O desenvolvimento anormal dos ossos se observa com facilidade nas patas e nas uniões endocondriais existentes nos lados do peito. A coluna vertebral curva-se para baixo na região sacral e coccigeana. O esterno apresenta curvamento e depressões laterais. Essas modificações reduzem o tamanho do tórax, produzindo como consequência uma compressão dos órgãos vitais (SOARES JÚNIOR; KERR; GRAY, 1995).

Os sintomas de deficiência de vitamina D em poedeiras confinadas de 2 a 3 meses, após os animais terem começado a ingerir ração deficiente em vitamina D. O primeiro sintoma da deficiência da vitamina D manifesta-se por um aumento do número de ovos de casca fina ou sem cascas, seguido por um decréscimo da produção de ovos (WALDROUP et al., 1965).

Em exames *pós-mortem* verifica-se que os ossos se tornam fracos e se quebram facilmente. Observam-se nódulos bem definidos na superfície interna das costelas e nos pontos de ligação das costelas com o esterno ou com a coluna vertebral. Alterações ósseas também ocorrem na coluna vertebral, na pélvis e no esterno. O corte histológico dos ossos das pernas mostra uma deficiência de calcificação e um excesso de tecido osteoide. Ocorre uma hiperplasia da glândula paratireoide devido ao fato que, não havendo cálcio, ela é ativada a produzir paratormônio, hormônio que é responsável pela mobilização do cálcio no organismo dos animais (EDWARDS et al., 1994; MITCHELL; EDWARDS JÚNIOR; MCDANIEL, 1997).

2.3 Considerações sobre cálcio e fósforo

Os frangos de corte de linhagens modernas são mais sensíveis à suplementação de minerais e mais ineficientes nas retenções de Ca e P da dieta do que genótipos não selecionados (MCDEVITT; McENTEE; RANCE, 2006). Além disso, a qualidade óssea em aves selecionadas é inferior em termos de

porosidade e conteúdo mineral devido à maior taxa de crescimento nos primeiros dias de vida (WILLIAMS et al., 2004). O nível de 0,82% de Ca na dieta é sugerido para frangos de 22 a 35 dias (ROSTAGNO et al., 2005), mas um ótimo desempenho e cinzas na tíbia pode ser obtidos com 0,72% de Ca na dieta (DRIVER et al., 2005). A recomendação de 0,9% de cálcio para fase de crescimento (NRC, 1994) pode ser excessiva para o frango moderno, além de aumentar o conteúdo de cálcio nas excretas (RAMA-RAO; RAJU; REDDY, 2007).

A absorção de Ca está diretamente relacionada com a demanda orgânica desse elemento, havendo mecanismos hormonais de controle bem conhecidos. O P é o mineral que acompanha o metabolismo do cálcio principalmente no que se refere à absorção e níveis séricos. Níveis excessivos de cálcio em granulometria inadequada do calcário, trazem prejuízos no aproveitamento desse macroelemento. Por outro lado, o maior prejuízo ocorre se for ao contrário. A absorção do P se dá principalmente em resposta ao equilíbrio da calcemia. O mecanismo pelo qual a vitamina D atua na absorção de P ainda não está bem entendido, no entanto, pesquisas têm revelado o envolvimento dessa vitamina e do PTH, na assimilação do P intestinal. A absorção de cálcio é acompanhada da absorção do P. Existe um limite estreito de calcemia, sendo P um dos fatores desse controle. A redução dos níveis séricos de cálcio depende da sua eliminação renal e incorporação na matriz óssea, juntamente com o P (BERTECHINI, 2006).

Embora a porcentagem de cinzas dos ossos varie com a idade, o teor de cálcio, que é o seu maior constituinte, se mantém relativamente constante, variando pouco entre espécies e localização anatômica dos ossos (FIELD, 2000).

O fósforo disponível e o cálcio, entre os nutrientes utilizados pelas aves, participam de forma ativa, pois são essenciais para uma série de funções metabólicas, atuando, principalmente, na formação óssea (VARGAS et al.,

2004). Aproximadamente, 98% do cálcio total do organismo e 80% do fósforo estão presentes nos ossos (AMOROSO, 2009).

Na nutrição de frangos de corte os minerais possuem papel importante, pois uma deficiência ou excesso dietético impossibilita a expressão do máximo desempenho na fase de crescimento (MUNIZ et al., 2007). O cálcio, o fósforo e a vitamina D são elementos intimamente associados no metabolismo animal, muitas vezes combinados entre si, de modo que a carência de um deles na dieta limita o desempenho das aves (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002).

A deposição de cálcio no esqueleto é mais intensa na fase de crescimento (21 a 35 dias de idade), assim, o conteúdo de cálcio no organismo dos pintinhos aumenta de maneira rápida na fase inicial, chegando ao final do primeiro mês de vida a 80% do total de cálcio da ave adulta (MUNIZ et al., 2007). Uma suplementação mineral inadequada durante a fase de crescimento terá como consequência um desequilíbrio na homeostase mineral e desenvolvimento inapropriado dos ossos das aves, ou seja, calcificação anormal dos ossos. No entanto, o cálcio em excesso pode agir como antagonista, dificultando a absorção de alguns minerais tais como ferro, cobre, zinco, magnésio, sódio, potássio, entre outros (WALDROUP et al., 1965).

Em seu experimento onde objetivou determinar os valores fisiológicos de densidade mineral óssea em frangos de corte de 8 a 43 dias Barreiro et al. (2007) verificaram que a densidade mineral óssea das aves de corte aumentou no decorrer das idades (8 e 43 dias) e em todas as regiões do tibiotarso (epífise proximal, diáfise e epífise distal), sugerindo uma maior mineralização do tibiotarso, e conseqüentemente maior resistência, permitindo dessa forma o suporte para ganho de massa muscular.

2.4 Características ósseas e desempenho de frangos de corte

Os problemas no esqueleto de frangos de corte moderno, primariamente, estão associados com o rápido crescimento dos ossos longos, tanto longitudinal como em circunferência, problemas que despertam interesse por envolver o bem-estar animal e perdas econômicas (WILLIAMS et al., 2004). A biologia do esqueleto vem sendo objeto de pesquisa há vários anos, principalmente devido a sua influência na saúde e bem-estar animal, associado à importância para o crescimento dos frangos de corte de linhagens selecionadas para a indústria alimentícia (KNOTT; BAILEY, 1999).

A estrutura óssea está intimamente relacionada com esses problemas de locomoção das aves. Dessa forma, o conhecimento da estrutura básica e o crescimento normal dos ossos auxiliam no entendimento de como os problemas desenvolvem-se nos frangos.

Yarger et al. (1995) trabalharam com uma série de 10 ensaios envolvendo 36 mil frangos de corte, verificaram melhoria no desempenho (ganho de peso e eficiência alimentar) quando a suplementação de vitamina D₃ foi substituída por 25-OHD₃, sem afetar a mortalidade. Os autores observaram também melhoria nas características de desempenho com a suplementação de níveis crescentes de 25-OHD₃. Entretanto, o mesmo não foi verificado com a suplementação de vitamina D₃. A concentração sérica de 25-OHD₃ aumentou mais rapidamente em aves alimentadas com rações contendo esse metabólito em relação às aves alimentadas com colecalciferol. A concentração desse metabólito no sangue foi correlacionada positivamente com as características de desempenho, o que não foi observado para a concentração de 1,25-(OH)₂D₃ no sangue.

Macari, Furlan e Gonzales (2002) em seus estudos definem o osso como um tecido heterogêneo complexo, constituído por células em vários estágios de

diferenciação, com quatro funções principais: suportar a musculatura, auxiliar na movimentação, promover o crescimento do animal e servir como reserva mineral.

A suplementação de vitamina D₃ (colecalférol) necessária para otimizar cinzas ósseas e minimizar a incidência de raquitismo em frangos de corte criados em condições de ausência de luz ultravioleta (UV) seria de, aproximadamente, 500 e 900 UI/kg de ração, respectivamente. Quanto à síntese de vitamina D, a presença e a intensidade de luz ultravioleta são essenciais. A existência de lâmpadas fluorescente em gaiolas/boxes ou a simples exposição a ambientes abertos podem reduzir a suplementação de vitamina D₃ de 2.000 para 200 UI/kg, reduzindo a incidência e severidade da discondroplasia tibial (EDWARDS et al., 1994).

Edwards Júnior, Carlos e Kasim (1996), ao estudarem dois níveis (1.000 e 1.250 UI/kg de ração) de suplementação de vitamina D₃, verificaram que para prevenir o raquitismo e maximizar o teor de cinzas ósseas em frangos de corte nem mesmo o mais alto nível de suplementação foi eficiente. Esses autores concluíram que, em rações à base de milho e farelo de soja deficientes em fósforo, é necessário um nível de suplementação acima de 1.250 UI/kg de vitamina D₃.

A suplementação de vitamina D₃ acima de 40 µg/kg (1.600 UI/kg) não é efetiva em reduzir a incidência de problemas ósseos em dietas com deficiências marginais e/ou adequadas para cálcio e fósforo (BAKER et al., 1998).

Fritts e Waldroup (2003) ao substituírem a suplementação de vitamina D₃ por 25-OHD₃ verificaram redução na incidência e na severidade de DT e aumento das cinzas ósseas de uma linhagem de alta incidência de problemas ósseos. As necessidades de suplementação podem ser menores em rações de frangos de corte ao se utilizar esse metabólito.

Para maximizar a variável cinzas ósseas em frangos de corte, Yan e Waldroup (2006) concluíram que, os níveis de fósforo disponível com a utilização de milho dentado nas rações são estimados em 0,4%, 0,35%, 0,32% e 0,27% (até 21 dias), quando suplementados com vitamina D₃, D₃ + fitase (1.000 FTU/kg), 25-OHD₃ e 25-OHD₃+fitase (1.000 FTU/kg), respectivamente, não havendo diferenças entre as formas de vitamina D, quando o milho usado nas rações for geneticamente modificado para baixo teor de fósforo fítico.

Vários estudos verificaram que o desempenho não é afetado ao substituir a suplementação de vitamina D₃ por 25-OHD₃. Rennie e Whitehead (1996) verificaram que a suplementação de até 250 µg/kg de 25-OHD₃ também não afetou o desempenho e o cálcio plasmático. No entanto, o fósforo plasmático foi maior com a suplementação associada de 25-OHD₃ (75 e 250 µg/kg) e vitamina C (250 mg/kg), em detrimento dos tratamentos com colecalciferol (75µg/kg) e 25-OHD₃ sem suplementação de vitamina C (75 e 250 µg/kg) e colecalciferol + 1α- hidroxicolecalciferol (75 + 5 µg/kg), respectivamente.

Yager et al. (1995) verificaram melhor desempenho de frangos de corte com a fonte de suplementação de 25-OHD₃ (69 µg/kg) em relação ao colecalciferol. O aumento na concentração sérica 25-OHD₃ foi de 13,3 para 42,5 ng/mL (colecalciferol e 25-hidroxicolecalciferol), respectivamente.

A 25-OHD₃ é cerca de 3 vezes mais potente quando a característica em questão é a concentração de cálcio plasmático (SOARES JÚNIOR; KERR; GRAY, 1995).

Em um estudo avaliando os efeitos da suplementação de 25-OHD₃ em rações (55 µg de vitamina D₃/kg de ração ou 2.200 UI/kg) para linhagens de frangos de corte com baixa e alta incidência de problemas de pernas, Zhang et al. (1997) verificaram que a suplementação adicional (69 e 344,5 µg/kg) do metabólito de vitamina D não melhorou o desempenho das aves.

A revisão de literatura informada indica que existe discrepância de resultados de pesquisas quanto a níveis e formas de vitamina D utilizadas em dietas de frangos de corte, devido à grande variação, principalmente, quanto aos níveis de suplementação dessa vitamina. Dessa forma, surge a necessidade de novas avaliações para contribuir na elucidação dos efeitos das formas e dos níveis da vitamina em estudo.

REFERÊNCIAS

AMOROSO, L. **Respostas densitométricas, morfofisiológicas e desempenho de frangos de corte tratados com água filtrada e não filtrada**. 2009. 91 f. Tese (doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

ASLAM, S. M.; GARLICH, J. D.; QURESHI, M. A. Vitamin D deficiency alters the immune responses of broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, n. 6, p. 842–849, June 1998.

ATENCIO, A.; EDWARDS JÚNIOR, H. M.; PESTI, G. M. Twenty-five hydroxycholecalciferol as a cholecalciferol substitute in broiler breeder hen diets and its effect on the performance and general health of the progeny. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n. 8, p. 1277-1285, Aug. 2005.

BAKER, D. H. et al. Vitamin D3 requirement of young chicks receiving diets varying in calcium and available phosphorus. **British Poultry Science**, London, v. 39, n. 3, p. 413–417, July 1998.

BARREIRO, F. R. et al. Comparação de parâmetros densitométricos de frangos de corte na fase inicial de desenvolvimento. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15., 2007, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: SIICUSP, 2007.

BARROETA, A. C. et al. **Óptima nutrición vitamínica de los animales para la producción de alimentos de calidad**. Barcelona: Pulso, 2002. 208 p.

BASF CORPORATION. **Optimum vitamin supplementation in poultry: laboratory or commercial field requirements**. 1995. Disponível em: <<http://www.basf.br>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301 p.

BRITO, J. A. G. et al. Efeito da vitamina D3 e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte¹. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n.12, p. 2656-2663, 2010.

COELHO, M.; MCKNIGHT, W.; COUSINS, B. Effect of a targeted B-vitamin regimen on rate and efficiency of fast growing broilers from 0 to 49 days. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 832, 2001. Suppl.

COOK, M. E. Skeletal deformities and their causes: Introduction. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 7, p. 982–984, July 2000.

DRIVER, J. P. et al. Calcium requirements of modern broiler chicken as influenced by dietar y protein and age. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p. 1629-1639, 2005.

DSM vitamin supplementation guidelines for domestic animals. Switzerland: DSM Nutritional Products, 2011. Disponível em: < <http://www.docstoc.com/docs/70952936/DSM-Vitamin-Supplementation-Guidelines>>. Acesso em: 22 maio 2011.

EDWARDS JÚNIOR, H. M.; CARLOS, A. B.; KASIM, A. Evaluation of commercial cholecalciferol (D3) sources. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, n. 1, 1996. Suppl. (Abstr.).

EDWARDS JÚNIOR, H. M. et al. Quantitative requirement for cholecalciferol in the absence of ultraviolet light. **Poultry Science**, Champaign, v. 73, n. 2, p. 288–294, Feb. 1994.

EDWARDS JÚNIOR, H. M. Nutrition and skeletal problems in poultry. **Poultry Science**, Champaign, v. 79, n. 7, p. 1018–1023, July 2000.

FIELD, R. A. Ash and calcium as measures of bone in meat and bone mixtures. **Meat Science**, Barking, v. 55, n. 3, p. 255-264, 2000.

FREITAS, B. C. F.; NUNES, I. J. Fraqueza das pernas em frangos de corte: aspectos nutricionais. **Caderno Técnico Veterinário de Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 34, p. 45-51, 2001.

FRITTS, C. A.; WALDROUP, P. W. Effect of source and level of vitamin D on live performance and bone development in growing broilers. **Journal Applied Poultry Research**, Savoy, v. 12, n. 1, p. 45-52, 2003.

GONZALEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: UFRGS, 2006.

ISLABÃO, N. **Vitaminas**: seu metabolismo no homem e animais domésticos. São Paulo: Nobel, 1982. 274 p.

KLASING, K. C. **Comparative avian nutrition**. Wallingford: CAB International, 1998. p. 350.

KNOTT, L.; BAILEY, A. J. Collagen biochemistry of avian bone: comparison of bone type and skeletal site. **Br. Poultry Science**, Champaign, v. 40, p. 371-379, 1999.

LEESON, S. Vitamin requirements: is there basis for reevaluating dietary specifications. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 63, n. 2, p. 255-266, 2007.

LOFTON, J. T.; SOARES JÚNIOR, J. H. The effects of vitamin D3 on leg abnormalities in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 65, n. 4, p. 749-756, Apr. 1986.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.

McDEVITT, R. M.; McENTEE, G. M.; RANCE, K. A. Bone breaking strength and apparent metabolisability of calcium and phosphorus in selected and unselected broiler chick en genotypes. **British Poultry Science**, London, v. 47, n. 5, p. 613-621, 2006.

MITCHELL, R. D.; EDWARDS JÚNIOR, H. M.; MCDANIEL, G. R. The effects of ultraviolet light and cholecalciferol and its metabolites on the development of leg abnormalities in chickens genetically selected for a high and low incidence of tibial dyschondroplasia. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 346–354, Feb. 1997.

MUNIZ, E. B. et al. Avaliação de formas de cálcio para frangos de corte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 1, p. 5-14, jan./mar. 2007.

NASCIMENTO, A. H.; SILVA, M. A.; LIMA, I. L. Níveis nutricionais utilizados para frangos de corte pela indústria no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2., 2005, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 331-347.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirement of Poultry**. 9th ed. Washington: National Academic Science, 1994. 155 p.
RAMA RAO, S. V.; RAJU, M. V. L. N.; REDDY, M. R. Performance of broiler chicks fed high levels of holecalfiferol in diets containing sub-optimal levels of calcium and non-phytate phosphorus. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 134, p. 77–88, 2007.

RATH, N. C. et al. Comparative differences in the composition and biomechanical properties of tibia of seven- and seventy-two-week-old male and female broiler breeder chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 8, p. 1232-1239, 1999.

REGINA, R. **Nutrição animal, principais ingredientes e manejo de aves e suínos**. São Paulo: Fundação Cargill, 2010. p. 413

RENNIE, J. S.; WHITEHEAD, C. C. Effectiveness of dietary 25- and 1-hydroxy cholecalciferol in combating tibial dyschondroplasia in broiler chickens. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 37, n. 2, p. 413–421, May 1996.

SILVA, F. A. et al. 25-Hydroxycholecalciferol in poultry Nutrition. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 12, p. 1919-1934, Dec. 1995.

SOARES JÚNIOR, J. H.; KERR, J. M.; GRAY, R. W. 25-Hydroxycholecalciferol in poultry Nutrition. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, p. 1919-1934, 1995.

VARGAS, J. R. et al. Níveis nutricionais de cálcio e de fósforo disponível para aves de reposição leves e semipesadas de 13 a 20 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 1263-1273, 2004.

WALDROUP, P. W. et al. Studies on the vitamin D3 requirement of the broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 44, n. 2, p. 543–548, 1965

WILLIAMS, B. et al. Bone strength during growth: influence of growth rate on cortical porosity and mineralization. **Calcified Tissue International**, New York, v. 74, p. 236-245, 2004.

XU, T. et al. Evidence of increased cholecalciferol requirement in chicks with tibial dyschondroplasia. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 47–53, Jan. 1997.

YALÇIN, S.; SETTAR, P.; DICLE, O. Influence of dietary protein and sex on walking ability and bone parameters of broilers. **British Poultry Science**, London, v. 39, n. 2, p. 251-256, 1998.

YAN, F.; WALDROUP, P. W. Nonphytate phosphorus requirement and phosphorus excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn as influenced by phytase supplementation and vitamin d source. **International Journal Poultry Science**, Farsalabad, v. 5, p. 219-228, 2006.

YARGER, J. G. et al. Safety of 25-hydroxycholecalciferol in poultry rations. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 9, p.1437–1446, Sept. 1995.

ZHANG, X. et al. Response of broiler lines selected for tibial dyschondroplasia incidence to supplementary 25-hydro xycholecalciferol. **Journal Applied Poultry Research**, Savoy, v. 6, n. 4, p. 410–416, 1997.

ZUBAIR, A. K.; LEESON, S. Compensatory growth in the broiller chickkken: a review. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 52, p. 189-201, 1996.

CAPÍTULO 2 Níveis e formas de vitamina D em rações de frangos de corte e seus efeitos sobre desempenho, rendimento de carcaça, níveis plasmáticos de cálcio e fósforo, características e densidades ópticas radiográficas ósseas

RESUMO

O objetivo deste presente trabalho foi avaliar diferentes formas e níveis de vitamina D (D_3 e 25-OHD₃) em rações de frangos de corte criados no sistema convencional. Foram utilizados 1.920 pintos de um dia, machos, Cobb-500, alojados em parcelas experimentais. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e oito repetições cada. Os fatores em estudo foram níveis de suplementação de vitamina D oriunda de duas formas (D_3 /25-OHD₃), onde os tratamentos constituíram da suplementação de dois níveis de cada fonte isolada e suas associações (60% D_3 + 40% 25OHD₃) de acordo com as fases em estudo (inicial/crescimento/final). As rações foram à base de milho e farelo de soja, com suplementação de fitase (500 FTU/kg). Avaliaram-se o desempenho, as características ósseas, os níveis plasmáticos de cálcio e fósforo, o rendimento de carcaça e a densidade radiográfica óssea. Observou-se melhor ($p<0,05$) conversão alimentar para as aves que consumiram a fonte de 25-OHD₃ e a associação das formas (1 a 42 dias). Houve efeito significativo ($p\leq 0,012$) no teor de cinzas ósseas aos 42 dias de idade, onde as aves suplementadas com vitamina D_3 apresentaram menores teores. A fonte 25-OHD₃ suplementada em 87,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ gerou maiores teores plasmáticos de cálcio ($p<0,05$) em relação à mesma fonte suplementada em 70 $\mu\text{g}/\text{kg}$, aos 21 dias de idade. Em todas as fases estudadas a suplementação combinada de D_3 +25-OHD₃ aumentou a densidade tibial ($p<0,05$) dos frangos de corte em relação à vitamina D_3 . Conclui-se que a adição de 25-OHD₃ em rações contendo vitamina D_3 melhora a conversão alimentar, teores plasmáticos de Ca e principalmente a densidade óssea das aves.

Palavras-chave: Densitometria. Mineralização óssea. Cálcio e Fósforo no plasma.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate different forms and levels of vitamin D (D_3 and 25-OHD₃) supplemented in the feed of broilers reared in a conventional system. A total of 1920 1-d-old male chicks Cobb-500, housed in the experimental plots. The birds were distributed in six treatments with eight replicates each in a completely randomized design. The factors in study were supplemented levels of vitamin D coming from two forms ($D_3/25\text{-OHD}_3$), where treatments consisted of two supplementation levels from each isolated source and their associations (60% $D_3+40\%25\text{OHD}_3$) according to phases in study (initial/growth/finisher). The diets were based on corn and soybean meal supplemented with phytase (500 FTU/kg). It was evaluated the performance, bone characteristics, Ca and P plasma levels, carcass yield and bone radiographic density. It was observed better ($p<0.05$) feed conversion for the birds that consumed 25-OHD₃ source and the association of the forms (1-42 days). Significant effects ($p\leq 0.012$) in bone ash content at 42 days old, where the supplemented birds with vitamin D_3 had lower content. Higher Ca plasma levels were observed for the birds receiving diet supplemented with 87.5 $\mu\text{g/kg}$ of 25-OHD₃ than 70 $\mu\text{g/kg}$ in relation to the same source at 21 d. In all the studied phases the supplementation combined of $D_3+25\text{-OHD}_3$ had higher tibia density ($p<0.05$) of broilers in relation to vitamin D_3 . It can be concluded that the addition of 25-OHD₃ in the feed with vitamin D_3 improve feed conversion, Ca plasma levels and mainly bone birds density.

Keywords: Densitometry. Bone mineralization. Calcium and Phosphorus in plasma.

1 INTRODUÇÃO

Na década de 60, os programas de melhoramento genético enfocavam seus trabalhos na obtenção de frangos de corte com um maior peso vivo, já que essa característica tinha grande importância econômica, sendo de fácil mensuração e com boa resposta à seleção de massa muscular. A crescente exigência do mercado buscando uma proteína animal de melhor qualidade e menor custo tornou os critérios de seleção cada vez mais complexos. O melhoramento genético permitiu à indústria avícola comercializar aves mais pesadas em um menor período de tempo (SAKOMURA, 1997).

A seleção genética constante e a melhoria na nutrição vêm fazendo com que o frango de corte atinja o peso de abate cada vez mais cedo. Essa taxa de crescimento precoce é acompanhada por numerosos problemas, tais como: aumento da deposição de gordura corporal, alta incidência de doenças metabólicas e desordens no sistema locomotor. As anormalidades de locomoção são endêmicas e comumente referidas como fraqueza de pernas, com incidência e severidade variando entre as diversas linhagens (ZUBAIR; LEESON, 1996). Esses tipos de problemas são mais comumente observados durante a metade final do crescimento e são provavelmente em função do aumento de ganho de peso e do desenvolvimento desproporcional do músculo do peito, criando um desequilíbrio esquelético-biomecânico (LILBURN, 1994).

Uma categoria mais geral de problemas de pernas consiste de problemas estruturais que levam à distorção de ossos longos e às deformidades rotacionais e angulares, como: torção de pernas, rotação da tíbia, discondroplasia tibial, condrodistrofia, necrose da cabeça do fêmur, entre outros. Edwards et al. (1994) determinaram que o aumento de peso corporal e o desenvolvimento de músculo do peito sem desenvolvimento concomitante de músculo e ossos da perna são biologicamente incompatíveis com a manutenção da habilidade de locomoção

normal e que a seleção de determinada linhagem para ganho de peso resultou em aumento do músculo do peito e em diminuição relativa dos ossos longos das pernas.

O cálcio, o fósforo e a vitamina D são elementos intimamente associados no metabolismo animal, muitas vezes combinados entre si, de modo que a carência de um deles na dieta limita o desempenho das aves (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002). As exigências das aves variam de acordo com a raça ou linhagem, função ou categoria produtiva sendo estabelecidas pelo método fatorial e experimental alimentar, constatando-se que a exigência para máxima mineralização óssea não é a mesma para máximo crescimento. Assim, a biodisponibilidade das formas de cálcio influencia no nível de suplementação, pois as formas de origem vegetal são menos biodisponíveis que as de origem animal e estas menos ainda que as de origem mineral, exceto em relação a alguns quelatos orgânicos pela variabilidade em sua eficiência ou velocidade absorptiva (MCDOWELL, 1992).

A fonte comum comercial da vitamina D para a atividade de nutrição de aves é a vitamina D₃. Uma vez absorvida, a vitamina D₃ é transportada para o fígado, onde é hidroxilada a 25-hidroxicolecalciferol (25-OHD₃) e então encaminhada para os rins para uma segunda hidroxilação para formar vários metabólitos de vitamina D, dos quais 1, 25-di-hidroxicolecalciferol (1, 25-(OH)₂D₃) é considerada a forma ativa. Uma vez que iniciou a comercialização de 25-OH-D₃, tem havido muito interesse da indústria de aves na utilização desse metabólito (CHOU; CHUNG; YU, 2009). Bar et al. (1980) compararam as absorções líquidas da vitamina D₃ e 25-OHD₃ em frangos de corte aos 20 dias de idade alimentados com as 2 formas de vitamina D durante um período de 6 dias. A absorção de 25-OHD₃ foi maior do que a de vitamina D₃. Em contraste, a excreção total diária de metabólitos foi maior para a vitamina D₃ do que para 25-

OH-D₃. As diferenças na absorção e retenção de líquido das duas formas de vitamina D podem ajudar a explicar a maior biopotência de 25-OHD₃.

A exigência da vitamina D₃ é preconizada pelo NRC (1994) em 200 UI/kg de suplementação na ração. As condições de determinação das exigências de vitamina D são influenciadoras dos resultados, assim como, fatores como a variável estudada, a presença de luz UV, a fonte de vitamina, a linhagem em estudo e as condições das instalações.

Rama Rao et al. (2006) verificaram que quando frangos de corte foram submetidos a rações com níveis 90 µg/kg (3.600 UI de vitamina D₃/kg de ração) com níveis reduzidos de cálcio (0,50%) e fósforo disponível (0,25%) em detrimento de níveis suplementação menores (5 e 30 µg/kg), houve aumento no ganho de peso e melhor eficiência alimentar ao longo do ciclo de criação.

Applegate, Angel e Classen (2003) verificaram um aumento no teor de cinzas nas tíbias de frangos de corte com a suplementação de 210 µg de 25-OHD₃/kg, a uma ração basal contendo 1.650 UI de colecalciferol/kg de ração, independente da adequação dietética de cálcio.

Estudos de Edwards et al. (1994) indicaram as necessidades nutricionais de vitamina D para frangos de corte em 275 UI/kg de ração, para o máximo crescimento; 503 UI/kg para maximizar cinzas ósseas; 552 UI/kg para cálcio plasmático e 904 UI/kg para a prevenção de raquitismo, em condições de ausência de luz. Segundo os mesmos autores, a luz UV, fornecida por luzes fluorescentes (4% entre 260 e 400 nm), é bastante representativa na síntese endógena de colecalciferol, representando cerca de 800 UI/kg de ração de vitamina D₃ para as aves.

Ao substituírem a suplementação de vitamina D₃ por 25-OHD₃ Fritts e Waldroup (2003) verificaram um melhor desempenho, redução na incidência e na severidade de DT e aumento das cinzas ósseas de uma linhagem de alta incidência de problemas ósseos. Esses autores ainda concluíram que a

suplementação de 500 UI de 25-OHD₃/kg (12,5 µg/kg) é equivalente a 2.000 UI de vitamina D₃/kg ração (50 µg/kg) e que os resultados de desempenho e de características ósseas são dependentes dessa suplementação.

Chou, Chung e Yu (2009) avaliando o efeito da suplementação 25-OHD₃ em rações de frangos de corte nas fases inicial e de crescimento, utilizaram uma dieta basal com nível de inclusão de 3.000 UI de vitamina D₃, suplementada com 69 e 34,5 µg/kg de 25-OHD₃, respectivamente. Os autores não observaram diferença quanto ao desempenho das aves nas fases estudadas.

Caso oposto da maioria das pesquisas, Fritts e Waldroup (2005) não verificaram efeitos sobre o desempenho quando a suplementação dietética de vitamina D₃ foi substituída por 25-OHD₃, na presença de fitase fúngica (1.000 FTU/kg) e dois níveis de fósforo disponível (normal e subótimo). Os autores concluíram que, independente da fonte de vitamina D, a suplementação de 4.000 UI/kg melhora o desempenho quando comparado com a suplementação de 1.000 UI/kg.

Estudo do uso de fitase (600 FTU/kg) associada à suplementação adicional de 70 µg ou 2800 UI/kg 25-OHD₃ (ração basal com 4.630; 3.310; 3.310; 2.645 UI/kg de colecalciferol correspondente às fases inicial, crescimento, final e retirada, respectivamente) não alteraram o desempenho de frangos de corte até os 49 dias criados em sistema de cama. No entanto, apresentaram menor relação entre o consumo de fósforo disponível e o ganho de peso (ANGEL et al., 2005).

A realização desse estudo teve como objetivos, avaliar a utilização do metabólito 25-OHD₃, comparado com a forma tradicional/padrão de suplementação (vitamina D₃ - colecalciferol) em rações de frangos de corte, utilizando como variáveis analisadas: o desempenho, o rendimento de carcaça, níveis plasmáticos de cálcio e fósforo e as características e densidades ósseas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e época de realização

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras-MG no período de setembro de 2008 a dezembro de 2008.

O município de Lavras localiza-se na região Sul do Estado de Minas Gerais, a uma altitude de 910 metros, tendo como coordenadas geográficas 21°14' de latitude Sul e 45° de longitude Oeste de Greenwich (BRASIL, 1992).

2.2 Aves, instalações e equipamentos

Foram utilizados 1.920 pintos de um dia, machos, Cobb-500, provenientes de incubatório comercial, alojados em galpão (36x6m) com boxes de 3 m², cobertura de telhas de cimento amianto, cortinas laterais com dispositivos de catraca (subida e descida) para controle da temperatura e ventilação. Cada boxe continha um comedouro tubular e um bebedouro pendular. Foi utilizado como cama, maravalha de madeira, que foi espalhada uniformemente a uma altura de ± 5 centímetros, sendo revirada uma vez por semana.

A iluminação foi contínua nas 24 horas nos primeiros dez dias e o aquecimento foi realizado com lâmpadas incandescentes de 150W, instaladas no interior dos boxes.

2.3 Delineamento e tratamentos experimentais

Os tratamentos experimentais foram constituídos por dois níveis de suplementação de vitamina D (70 e 87,5 µg/kg de ração), provenientes de duas formas de suplementação (D₃ e 25-OHD₃) e com tratamentos constituídos pela combinação das duas formas (60% de vitamina D₃ e 40% de 25-OHD₃). De acordo com a fase de criação, a suplementação de vitamina D foi reduzida gradativamente em todos os tratamentos (20% no crescimento e 50% na fase final), em relação à suplementação inicial. Os tratamentos estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 Níveis e formas de suplementação de vitamina D para frangos de corte em diferentes fases de criação

Tratamentos	Idade (dias)		
	01 – 21	22 – 35 20% de redução na suplementação	36 – 42 50% de redução na suplementação
	Vitamina D₃ (µg/Kg)		
1	70 (2.800 UI/Kg)	56 (2.240 UI/Kg)	35 (1.400 UI/Kg)
2	87,5 (3.500 UI/Kg)	70 (2.800 UI/Kg)	43,75 (1.750 UI/Kg)
	25-OHD₃ (µg/Kg)		
3	70 (2.800 UI/Kg)	56 (2.240 UI/Kg)	35 (1.400 UI/Kg)
4	87,5 (3.500 UI/Kg)	70 (2.800 UI/Kg)	43,75 (1.750 UI/Kg)
	Vit. D₃ + 25-OHD₃ (µg/Kg)		
5	42 + 28 (2.800 UI/Kg)	33,6 + 22,4 (2.240 UI/Kg)	21 + 14 (1.400 UI/Kg)
6	52,5 + 35 (3.500 UI/Kg)	42 + 28 (2.800 UI/Kg)	26,25 + 17,5 (1.750 UI/Kg)

Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e 8 repetições. Os tratamentos analisados foram formas de suplementação de vitamina D e níveis/programas de suplementação, de acordo com as fases de criação. A parcela experimental foi constituída de 40 aves, sendo reduzida a cada semana pelo abate de aves para análises ósseas.

2.4 Rações e manejo experimental

As rações experimentais (Tabela 2) foram à base de milho e farelo de soja, de acordo com o programa alimentar composto por três rações (inicial 1-21 dias; crescimento 22-35 dias e final 36-42 dias), seguindo as recomendações de Bertechini (2006), com suplementação de fitase em todas as rações (Ronozyme P CT – 500 FTU/kg) e redução de, aproximadamente, 25% no teor de fósforo disponível e 10% nas exigências de cálcio.

As formas de vitamina D₃ e de 25-OHD₃ utilizadas eram provenientes da DSM Produtos Nutricionais do Brasil (DSM..., 2011), sendo preparado um premix contendo 1.250 mg/kg (50.000 UI/kg) de cada forma de vitamina para facilitar a mistura. Para a confecção das rações, em todas as fases, foram misturadas, inicialmente, as que continham os níveis menos concentrados de cada forma avaliada e posteriormente foi feita a limpeza do misturador, a fim de evitarem-se erros de pesagem e perda de precisão com misturas de menores quantidades de suplementação.

As rações experimentais, para cada fase, foram isonutrientes, com exceção dos níveis de vitamina D, que constituíram os tratamentos. A composição nutricional dos principais alimentos usados na formulação foi obtida das tabelas brasileiras (ROSTAGNO et al., 2005).

As rações experimentais foram preparadas e estocadas em sala isenta de incidência de luz solar direta e com temperatura máxima e mínima de 28° e

20°C, respectivamente. Os tratamentos foram sorteados para cada parcela experimental e as rações fornecidas *ad libitum*. A água também foi fornecida à vontade em todo o período experimental e foram efetuadas vacinações contra a doença infecciosa da bursa (Gumboro), aos 7 e aos 14 dias de idade das aves.

Tabela 2 Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais

Ingredientes (%)	Ração/Fase		
	Inicial	Crescimento	Final
Milho	57,418	59,001	64,917
Farelo de soja	37,050	33,322	27,800
Fosfato bicálcico	1,280	1,174	1,000
Calcário calcítico	0,923	0,920	0,900
Óleo de soja	2,000	4,200	4,200
Sal comum	0,450	0,400	0,400
DL-metionina (99%)	0,241	0,231	0,200
L-Lisina (78%)	0,081	0,171	0,185
L-Treonina (99%)	0,003	0,034	0,045
Fitase 5000 FTU/g	0,010	0,010	0,010
Cloreto de colina (70%)	0,057	0,050	0,030
Salinomicina sódica (12%)	0,050	0,050	-
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,100	0,100	0,100
Bacitracina de zinco (15%)	0,025	0,025	-
Sulfato de colistina (8%)	0,013	0,013	-
Bicarbonato de sódio	0,100	0,100	-
Tratamento (inerte+vitamina)	0,100	0,100	0,100
Total	100	100	100
Composição nutricional			
EMA (kcal/kg)	2975	3135	3220
Proteína bruta (%)	21,66	20,13	18,06
Cálcio (%)	0,80	0,76	0,70
Fósforo disponível (%)	0,35	0,32	0,29
Lisina digestível(%)	1,13	1,11	0,99

“Tabela 2, conclusão”

Ingredientes (%)	Ração/Fase		
	Inicial	Crescimento	Final
Composição nutricional			
Metionina digestível(%)	0,53	0,49	0,45
Metionina+Cistina (%)	0,84	0,79	0,72
Treonina digestível (%)	0,74	0,72	0,66
Sódio (%)	0,20	0,18	0,17

¹ Suplemento vitamínico (DSM). Níveis de garantia/kg do produto: Vitamina A 10.000.000 UI; Vit. E 40.000 UI; Vit. K₃ 3.000mg; Vit B₁ 2.000mg; Vit B₂ 7.000mg; Vit. B₆ 5.000mg; Vit. B₁₂ 20.000µg; Ac. fólico 1.500mg; Ac. pantotênico 15.000 mg; Niacina 50.000mg; Biotina 100mg; Selênio 150mg, Antioxidante 125mg.

² Suplemento micromineral (DSM). Níveis de garantia/kg do produto: Mn 80.000mg; Zn 80.000mg; Fe 60.000mg; Cu 10.000mg; I 1.000mg; Co 1.000 mg.

As pesagens das aves foram efetuadas no 1º e ao final do 7º, 14º, 21º, 28º, 35º e do 42º dia de idade das aves. O controle do consumo de ração foi realizado com a pesagem das sobras em cada período. A mortalidade foi monitorada diariamente para a correção do consumo e de conversão alimentar.

Aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias, uma ave por parcela foi abatida para a coleta das pernas e avaliação das características ósseas, como cinzas, cálcio e fósforo.

Para essa finalidade, logo que abatidas, as aves tiveram suas pernas retiradas, sendo as tíbias esquerdas identificadas e armazenadas imediatamente em *freezer*, a -5°C, para a realização de análises laboratoriais.

Aos 21 e 42 dias de idade duas aves por parcela foram sacrificadas para coleta de dez mililitros de sangue para a determinação de cálcio e fósforo séricos. O material foi obtido por punção cardíaca, acondicionado em tubos de ensaio contendo heparina sódica e centrifugado a 3000 rotações por minuto durante quinze minutos para obtenção do soro. As amostras obtidas ao longo do experimento foram analisadas utilizando o *kit* comercial *Labtest*®.

Aos 42 dias de idade, uma ave por parcela foi abatida e destinada à avaliação de rendimentos de cortes.

A avaliação do rendimento de cortes foi realizada por meio da pesagem individual de aves antes do abate (peso vivo), após período de jejum de, aproximadamente 8 horas, seguida de deslocamento cervical, sangria, escaldagem, depenagem e evisceração (repouso da carcaça em gelo por 2 horas). O rendimento de carcaça foi obtido pela relação entre o peso da carcaça (sem vísceras, pés e pescoço) e o peso vivo de abate, ao passo que o rendimento de peito e de coxa+sobrecoxa, pela relação entre seus respectivos pesos e o peso da carcaça eviscerada (sem vísceras, pés e pescoço).

Aos 14, 28 e 42 dias de idade, duas aves por parcela foram abatidas para que fossem realizadas as análises de densitometria radiográfica das tíbias. Para a densitometria óssea radiográfica, utilizaram-se as tíbias esquerdas. Em uma primeira etapa, as peças ósseas foram limpas (sem tecidos envolventes), colocadas sob o filme fotográfico (marca Kodak 24x18cm), todas na mesma posição, e então radiografadas através de um aparelho de raios-X a 70X, Classe I – Tipo B – Comum, calibrado com distância foco-filme de 25 cm, ajustado para 70kVp, e tempo de exposição de 0,3 segundos. Após a obtenção das radiografias, as mesmas foram processadas em uma reveladora A/T2000 XR *Air Techniques*, utilizando-se um tempo de processamento de quatro minutos.

Em uma segunda etapa, as radiografias foram digitalizadas utilizando-se um scanner, com a resolução de 300 DPI (“*Dots Per Inch*” = pontos por polegada), 26% de brilho, 68% de contraste, e gravadas em arquivos com extensão TIFF.

A terceira etapa consistiu na leitura das radiografias para a determinação da densidade óssea. Para isso foi utilizado o *software* “*Image J 1.4*”, que possui uma ferramenta (“*Histograma*”), que analisa a densidade radiográfica da área selecionada, a qual se encontra distribuída em uma escala de cores, mais

especificamente o cinza, que possui 256 tons, onde o valor 0 (zero) representa o preto e o valor 256 representa o branco. A determinação da densidade óssea foi realizada em uma área específica, e não no osso como um todo. A ferramenta “Histograma” permite a delimitação da área a qual pretende-se determinar a densidade. A área escolhida foi a mais central possível.

2.5 Análises laboratoriais

Foram realizadas análises das rações experimentais em seus principais componentes de interesse (cálcio e fósforo). Também foram analisadas as cinzas e as concentrações de cálcio e fósforo nas tíbias

A determinação das cinzas ósseas, assim como cálcio e fósforo (rações e ossos), foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal da UFLA, seguindo métodos descritos por Silva e Queiroz (2002).

As análises de densidade radiográfica óssea e níveis plasmáticos de cálcio e fósforo foram realizadas no Laboratório de Patologia, no Departamento de Medicina Veterinária da UFLA.

Os resultados das análises bromatológicas das rações experimentais são representados na Tabela 3.

Tabela 3 Teores de cálcio (Ca) e fósforo total (Pt) calculados (analisados¹) nas rações experimentais, nas diferentes fases de criação

Nutriente	Fase/idade (dias)		
	1-21	22-35	36-42
Ca (%)	0,80 (0,86)	0,76 (0,73)	0,70 (0,70)
Pt (%)	0,56 (0,63)	0,51 (0,58)	0,48 (0,55)

¹ Análises realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal DZO/UFLA

2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o *software* Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados (Sisvar), descrito por Ferreira (2000). Realizou-se a análise de comparação de médias entre os tratamentos em estudo utilizando o teste SNK para verificar possíveis diferenças entre as formas/níveis, a 5% de probabilidade.

Foram utilizados contrastes ortogonais de interesse neste trabalho para estudar os efeitos das formas de vitamina D, sendo somente utilizados para significância menor que 0,1 ($p < 0,1$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho das aves

Os resultados referentes ao consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar para a fase inicial (1-21 dias) estão representados na Tabela 4.

Tabela 4 Consumo de ração (kg/ave), ganho de peso (kg/ave) e conversão alimentar (kg/kg) de frangos de corte na idade de 01 – 21 dias de idade submetidos a diferentes níveis/formas de suplementação de vitamina D

Formas	Tratamentos	Consumo de ração	Ganho de peso	Conversão Alimentar
D₃	1	1,150	0,786	1,463
	2	1,167	0,784	1,489
Média		1,159	0,785	1,476
25-OHD₃	3	1,148	0,781	1,469
	4	1,142	0,772	1,478
Média		1,145	0,777	1,474
D₃+25-OHD₃	5	1,132	0,767	1,476
	6	1,150	0,775	1,483
Média		1,141	0,771	1,480
Erro padrão		0,111	0,009	0,009
CV (%)		2,72	3,10	1,70
F (significância)		0,394	0,600	0,396

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) para nenhuma das variáveis analisadas. Mitchell, Edwards Júnior e Mcdaniel (1997) não verificaram melhorias no ganho de peso e na conversão alimentar na fase inicial de criação

das aves, utilizando níveis de suplementação de vitamina D que variaram de 5 µg/kg (200 UI/kg) a 40 µg/kg (1600 UI/kg).

Resultados semelhantes foram obtidos por diversos autores (EDWARDS JÚNIOR, 2002 ; FRITTS; WALDROUP, 2005; LEDWABA; ROBERSON, 2003; RENNIE; WHITEHEAD, 1996; ZHANG et al., 1997) retratando a não diferenciação entre as formas de vitamina D, sobre o desempenho das aves, por outro lado outros trabalhos demonstraram melhor eficácia da fonte 25-OHD₃ sobre o desempenho de frangos (FRITTS; WALDROUP, 2003; YARGER et al., 1995).

Resultados diferentes foram encontrados por Brito et al. (2010), que observaram maior consumo de ração pelas aves alimentadas com um menor nível de vitamina D₃. Os autores também observaram que houve um efeito linear dos níveis de suplementação de vitamina D₃ sobre o ganho de peso e conversão alimentar, melhorando o desempenho à medida que se elevaram os níveis da vitamina nas rações. Rama Rao et al. (2006) também verificaram aumento no ganho de peso e melhor eficiência alimentar nessa fase, quando frangos de corte foram submetidos à dieta com rações com níveis de 60 µg/kg (2.400 UI/kg) e 90 µg/kg (3.600 UI/kg) de vitamina D₃, com níveis reduzidos de cálcio (0,50%) e fósforo disponível (0,25%), em detrimento de níveis de suplementação menores (5 e 30 µg/kg).

Os resultados referentes ao consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar para a fase total de criação (1-42 dias) estão representados na Tabela 5, onde pode ser observado o não efeito ($p>0,05$) dos tratamentos sobre o consumo e o ganho de peso das aves, no entanto, para as aves que receberam ração suplementada com a associação das formas (D₃+25-OHD₃) no menor nível (Tratamento 5), foi observada uma melhor ($p<0,05$) conversão alimentar (1,633 kg/kg) em relação às aves que receberam o maior nível (Tratamento 2; 1,682 kg/kg) de vitamina D₃ na ração.

Contrastando as formas de vitamina D, a associação das formas e a 25-OHD₃ resultaram em melhores ($p < 0,05$) conversões alimentares que as aves alimentadas com ração suplementada com vitamina D₃.

Tabela 5 Consumo de ração (kg/ave), ganho de peso (kg/ave) e conversão alimentar (kg/kg) de frangos de corte na idade de 01 a 42 dias de idade submetidos a diferentes níveis/formas de suplementação de vitamina D

Formas	Tratamentos	Consumo de ração	Ganho de peso	Conversão* Alimentar
D₃	1	4,564	2,754	1,657 ab
	2	4,551	2,706	1,682 b
Média		4,558	2,730	1,667
25-OHD₃	3	4,552	2,751	1,655 ab
	4	4,550	2,774	1,640 ab
Média		4,551	2,763	1,648
D₃+25-OHD₃	5	4,470	2,736	1,633 a
	6	4,493	2,729	1,646 ab
Média		4,482	2,733	1,640
Erro padrão		0,039	0,026	0,011
CV (%)		2,45	2,73	1,89
F (significância)		0,441	0,571	0,050
Probabilidade para contrastes avaliados				
(1+2)x(3+4)		NS	NS	0,050
(1+2)x(5+6)		NS	NS	0,0095
(3+4)x(5+6)		NS	NS	NS

* Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK ($p < 0,05$).

Brito et al. (2010) não encontraram diferenças no desempenho das aves em resposta às formas isoladas de vitamina D, mas observaram que a associação às formas diminuiu o consumo de ração e melhorou o ganho de peso, e a conversão alimentar das aves, resultado não obtido neste trabalho.

As pesquisas, de maneira geral, quando foram utilizados níveis recomendados de cálcio e fósforo (BAKER et al., 1998; EDWARDS JÚNIOR, 2002; FRITTS; WALDROUP, 2005; MITCHEL et al., 1997; ZHANG et al., 1997), não são observados efeitos sobre o desempenho ao variar os níveis de vitamina D, por outro lado, os trabalhos com redução desses minerais (BRITO et al., 2010; RAMA RAO et al., 2006), com altos níveis de suplementação de vitamina D₃, são encontrados efeitos principalmente na conversão alimentar.

3.2 Características ósseas

Os resultados das cinzas nas tíbias, expressos na base seca e desengordurada, aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias de idade, estão representados na Tabela 6.

Tabela 6 Cinzas ósseas (%) em tíbias de frangos de corte, aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias de idade, submetidos a rações contendo níveis/formas de suplementação de vitamina D (base de matéria seca desengordurada)

Fonte	Trat.	Idades (dias)					
		7	14	21	28	35	42*
Cinzas nas tíbias (%)							
D₃	1	49,39	50,77	52,69	53,52	53,91	54,14b
	2	49,42	50,76	52,69	53,53	53,89	54,18b
Média		49,41	50,77	52,69	53,53	53,90	54,16
25-OHD₃	3	49,88	51,33	52,80	53,53	54,34	55,14 ^a
	4	50,00	51,37	52,83	53,61	54,36	55,18 ^a
Média		49,94	51,35	52,82	53,57	54,35	55,16
D₃+25-OHD₃	5	49,94	51,35	52,80	53,54	54,30	55,13a
	6	49,94	51,36	52,81	53,62	54,37	55,19a
Média		49,94	51,36	52,81	53,58	54,34	55,16
Erro padrão		0,359	0,254	0,512	0,595	0,580	0,222
CV (%)		3,04	3,40	2,75	3,14	3,03	2,46
F (significância)		0,704	0,094	0,999	1,000	0,977	0,013
Probabilidade para contrastes avaliados							
(1+2)x(3+4)		NS	0,026	NS	NS	NS	0,01
(1+2)x(5+6)		NS	0,024	NS	NS	NS	0,01
(3+4)x(5+6)		NS	NS	NS	NS	NS	NS

*Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK (p<0,05).

Houve efeito significativo (p<0,05) somente para a idade de 42 dias entre os tratamentos em estudo para o teor de cinzas nas tíbias. As aves alimentadas com as suplementações de 25-OHD₃ e as formas conjuntas (D₃+25-

OHD₃) tiveram maiores teores de cinzas ósseas em relação às que foram tratadas com vitamina D₃.

Avaliando os contrastes (Tabela 6), verifica-se que houve diferenças significativas ($p < 0,05$) nos teores de cinzas ósseas nas idades de 14 e 42 dias de idade. Tanto com 14 e 42 dias, os tratamentos contendo 25-OHD₃ e a associação de D₃ e 25-OHD₃, resultaram em maiores teores de cinzas ósseas nas tíbias das aves em comparação com o uso somente de vitamina D₃.

Fritts e Waldroup (2003) realizaram um experimento com intuito de avaliar duas formas com diferentes níveis de vitamina D, sendo elas: vitamina D₃ com níveis de 125, 250, 500, 1.000, 2.000 e 4.000 IU/kg e uma fonte comercial de 25-OHD₃ com os mesmos níveis de suplementação. Com bases nos resultados concluíram que tanto a fonte de 25-OHD₃ quanto os níveis mais altos de vitamina aumentaram o teor de cinzas nas tíbias aos 21 e 42 dias de idade. Esses mesmos autores (FRITTS; WALDROUP, 2005) comparando a suplementação de colecalciferol e a 25- hidroxicolecalciferol em dietas de frangos de corte, avaliando o teor de cinzas nas tíbias, não encontraram efeito significativo pela fonte/nível de vitamina D ou qualquer interação entre esses efeitos principais.

Brito et al. (2010) encontraram maior valor de cinzas ósseas na tíbia com a utilização da associação (50 µg D₃/kg + 37,5 µg de 25-OHD₃), em frangos de cortes aos 21 dias de idade.

Os resultados de cálcio nas tíbias, expressos na base seca e desengordurada, aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias de idade, estão representados na Tabela 7.

Não foram observados efeitos das formas e níveis de vitamina D sobre os teores de Ca nas tíbias das aves em todas as idades avaliadas ($p > 0,05$).

Lima et al. (2010) trabalhando com teores de cálcio ósseo na tíbia de frangos de corte de 1 a 43 dias de idade com redução nutricional de fósforo e

suplementando com fitase e 25-OHD₃, observaram que a concentração de cálcio foi influenciada pelos tratamentos, de forma que os melhores resultados foram observados nas dietas com suplementação de fitase + 25-OHD₃.

Tabela 7 Cálcio (%) em tíbias de frangos de corte, aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias de idade, submetidos a rações contendo níveis/formas de suplementação de vitamina D (base de matéria seca e desengordurada)

Fonte	Tratamentos	Idades (dias)					
		7	14	21	28	35	42
		Cálcio nas tíbias (%)					
D₃	1	15,99	17,35	19,01	19,16	19,49	19,79
	2	15,99	17,37	19,02	19,21	19,52	19,80
Média		15,99	17,36	19,02	19,19	19,51	19,80
25-OHD₃	3	16,03	17,43	19,28	19,41	19,76	20,17
	4	16,06	17,47	19,37	19,44	19,80	20,26
Média		16,05	17,45	19,33	19,43	19,78	20,22
D₃+25-OHD₃	5	16,02	17,43	19,24	19,41	19,73	20,17
	6	16,05	17,43	19,36	19,45	19,82	20,24
Média		16,04	17,43	19,30	19,43	19,78	20,21
Erro padrão		0,377	0,332	0,394	0,275	0,292	0,331
CV (%)		6,66	5,40	5,79	4,02	4,19	4,68
F (significância)		1,000	0,999	0,973	0,958	0,942	0,828

Vários estudos revelam a eficiência da 25-OHD₃ em aumentar a concentração de cálcio nas tíbias de frangos de corte em relação à vitamina D₃ (ATENCIO; EDWARDS JÚNIOR; PESTI, 2005; EDWARDS JÚNIOR et al., 2002; LEDWABA; ROBERSON, 2003; RENNIE; WHITEHEAD, 1996). Brito et al. (2010) avaliando níveis/formas de vitamina D em aves aos 21 dias de idade

encontraram maior concentração de cálcio nas tíbias quando foi suplementada com a fonte 25-OHD₃ (20 e 37,5 µg/kg) em comparação com a D₃.

Os resultados de fósforo nas tíbias, expressos na base seca e desengordurada, aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias de idade, estão representados na Tabela 8.

Não houve efeito significativo ($p>0,05$) entre as médias em estudo sobre a concentração de fósforo nas tíbias, em nenhuma idade analisada.

Tabela 8 Fósforo (%) em tíbias de frangos de corte aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias de idade (valores expressos em base de matéria seca desengordurada)

Fonte	Trat.	Idades (dias)					
		7	14	21	28	35	42
		Fósforo nas tíbias (%)					
D₃	1	8,01	8,93	9,85	10,12	10,42	10,83
	2	8,01	9,00	9,87	10,15	10,39	10,86
Média		8,01	8,97	9,86	10,14	10,41	10,85
25-OHD₃	3	8,05	9,11	9,92	10,25	10,71	11,16
	4	8,07	9,08	9,96	10,26	10,73	11,20
Média		8,06	9,10	9,94	10,26	10,72	11,18
D₃+25-OHD₃	5	8,04	9,06	9,98	10,23	10,72	11,18
	6	8,06	9,07	9,99	10,24	10,72	11,19
Média		8,05	9,07	9,99	10,24	10,72	11,19
Erro padrão		0,225	0,238	0,196	0,114	0,257	0,173
CV (%)		7,92	7,43	5,57	3,17	6,85	4,43
F (significância)		0,999	0,996	0,994	0,934	0,847	0,408

Ao avaliar a suplementação de fitase e de 25-OHD₃ na dieta de frangos de corte, Lima et al. (2010), observaram que o teor de fósforo nas tíbias de

frangos de corte foi influenciado pelos tratamentos, de forma que os melhores resultados foram observados nas dietas suplementadas com fitase + 25-OHD₃.

Brito et al. (2010) ao avaliarem o teor de fósforo em tíbias de frangos de corte aos 45 dias de idade, notaram que as aves alimentadas com rações suplementadas com 25-OHD₃ obtiveram valores maiores em relação às aves submetidas a rações suplementadas com vitamina D₃. Também observaram incremento no teor desse mineral nas tíbias à medida que se aumentou a suplementação de vitamina D, independente das formas avaliadas e verificou ainda, a superioridade das formas conjuntas (D₃+25-OHD₃).

3.3 Níveis plasmáticos

Na Tabela 9 estão representadas as concentrações de cálcio e fósforo no sangue das aves aos 21 e 42 dias de idade.

Tabela 9 Concentração (mg/dL) de cálcio e fósforo no sangue das aves

Formas	Tratamentos	Cálcio (mg/dL) * Fósforo (mg/dL)	
		21 dias de idade	
D₃	1	9,66 c	6,01
	2	9,90 abc	6,00
Média		9,78	6,01
25-OHD₃	3	9,79 bc	6,12
	4	10,14 a	6,06
Média		9,97	6,09
D₃+25-OHD₃	5	9,96 ab	5,90
	6	9,97 ab	5,85
Média		9,97	5,88
Erro padrão		0,075	0,081
CV (%)		2,15	3,84
F(significância)		0,001	0,189

“Tabela 9, conclusão”

Formas	Tratamentos	Cálcio (mg/dL)*	Fósforo (mg/dL)
Probabilidade para contrastes avaliados			
(1+2)x(3+4)		0,02	NS
(1+2)x(5+6)		0,02	NS
(3+4)x(5+6)		NS	NS
42 dias de idade			
D₃	1	9,54	4,90
	2	9,52	4,92
Média		9,53	4,91
25-OHD₃	3	9,61	4,95
	4	9,70	5,04
Média		9,66	5,00
D₃+25-OHD₃	5	9,59	5,00
	6	9,62	4,95
Média		9,61	4,98
Erro padrão		0,153	0,087
CV (%)		4,50	4,98
F(significância)		0,969	0,889

*Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK (p<0,05).

Houve diferenças significativas (p<0,05) somente na concentração plasmática de cálcio na primeira fase avaliada (21 dias), onde as aves que receberam rações suplementadas com o maior nível de 25-OHD₃ (87,5 µg/kg) e os dois tratamentos de D₃+25-OHD₃ (42+28 µg/kg; 52,5+35 µg/kg) resultaram em maior concentração de cálcio em relação às aves que receberam o menor nível de D₃ (70 µg/kg).

Foram observadas diferenças significativas (p<0,05) entre os níveis de suplementação de 25-OHD₃, onde a utilização de 3500 UI (87,5 µg/kg) aumentou (3,45 %) a concentração sanguínea de cálcio em relação à utilização de 2800 UI (70 µg/kg). Rama Rao et al. (2006), trabalharam com diferentes níveis de vitamina D₃, e observaram aumento do nível sérico de cálcio com o aumento da concentração da vitamina na ração.

Kan et al. (2010) ao avaliarem os efeitos dos níveis de suplementação (200, 1.500, 2.500 e 3.500 UI) de colecalciferol (vitamina D₃) em rações de frangos de cortes aos 21 e 42 dias de idade, relataram que concentrações de cálcio e fósforo no plasma das aves aumentaram progressivamente com a elevação do nível de suplementação de colecalciferol em ambas as idades.

Ainda na primeira fase, comparando as médias dos tratamentos, contrastando as formas de vitamina D e suas associações, observou-se ($p < 0,05$) que a utilização de vitamina D₃ é a que proporcionou o menor valor de concentração sanguínea de cálcio. A associação das formas de vitamina D (9,97 mg/dL) e a utilização de 25-OHD₃ (9,97 mg/dL) não diferenciam entre si ($p > 0,05$).

Na segunda fase (42 dias) não foi encontrada nenhuma diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos avaliados para características sanguíneas. Rennie, Whitehead e Thorp (1993) também não observaram diferenças nos níveis séricos de frangos alimentados com rações suplementadas com formas de vitamina D. Caso oposto ocorreu quando Aburto et al. (1998) trabalhando com níveis de vitamina D₃ e 25-OHD₃, observaram que suplementações ente 20 e 80 µg dessas vitaminas aumentam o teor de cálcio e fósforo sanguíneo e ainda confirmaram a efetividade da 25-OHD₃ sobre a vitamina D₃.

Os níveis plasmáticos de cálcio e fósforo estão mais elevados na primeira fase e isso se deve a necessidade de altos níveis desses minerais para a formação e manutenção óssea das aves.

Os níveis séricos de cálcio e fósforo encontrados neste trabalho estão de acordo com Swenson (1996) que afirma que na maioria das espécies domésticas o soro sanguíneo contém 9 a 11 mg/dL de cálcio e 4 a 7 mg/dL de fósforo a exceção das galinhas poedeiras, que apresentam elevados teores séricos durante a vida produtiva, em função da postura.

3.4 Densitometria óssea radiográfica

Os resultados referentes à densitometria radiográfica nas tíbias dos frangos de corte alimentados com níveis/formas diferentes de vitamina D são representados na Tabela 10.

A combinação entre as formas de vitamina D ($D_3+25\text{-OHD}_3$) aos 14 dias de idade, no seu maior nível de suplementação resultou ($p<0,05$) numa maior densidade óssea (1,37 mmAl) para a idade de 14 dias, em comparação a vitamina D_3 (1,23 mmAl) com o mesmo nível de inclusão (87,5 $\mu\text{g/kg}$). Ao contrastar ($p<0,05$) essas formas verificou que a combinação de $D_3+25\text{-OHD}_3$ foi mais efetiva em aumentar a densidade óssea em relação à fonte isolada de vitamina D_3 . Os resultados encontrados nos contrastes de densitometria tibial aos 14 dias de idade são confirmados pelas respostas obtidas nos contrastes de cinzas ósseas, onde a fonte de vitamina D_3 resultou no pior índice, apontando uma possível relação entre cinzas/densidade óssea.

Tabela 10 Densitometrias radiográficas (mmAl) em tíbias de frangos de corte aos 14, 28 e 42 dias de idade, submetidos a rações contendo dois níveis e três formas de suplementação de vitamina D

Fonte	Tratamentos	Idades (dias)		
		14*	28*	42*
Densitometrias nas tíbias (mm/Al)				
D₃	1	1,32ab	2,23ab	2,54ab
	2	1,23b	2,16b	2,49 b
Média		1,28	2,20	2,52
25-OHD₃	3	1,30ab	2,24ab	2,59 ab
	4	1,31ab	2,27ab	2,67 a
Média		1,31	2,26	2,63
D₃+25-OHD₃	5	1,32ab	2,36a	2,68 a
	6	1,37a	2,23ab	2,53 ab
Média		1,35	2,30	2,61
Erro padrão		0,028	0,040	0,037
CV (%)		6,04	5,01	4,08
F (significância)		0,038	0,030	0,003
Probabilidade para contrastes avaliados				
(1+2)x(3+4)		NS	NS	0,005
(1+2)x(5+6)		0,011	0,017	0,014
(3+4)x(5+6)		NS	NS	NS

* Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK (p<0,05).

Angel et al. (2005) estudando o efeito do fósforo, fitase e 25-OHD₃ em dietas quanto ao desempenho, mineralização e densidade óssea em frangos de corte observou que dietas contendo fitase e 25-OHD₃ aumentaram a densidade da tíbia.

As densitometrias nas tíbias no 28º dia de idade apontaram que a associação das formas em seu menor nível de suplementação resultou em maior ($p < 0,05$) densidade radiográfica óssea quando comparada a fonte de vitamina D₃ em seu maior nível de inclusão.

Nos contrastes ortogonais as formas de vitamina D₃ foram menos efetivas ($p < 0,05$) quanto à densidade óssea (2,20 mmAl) quando comparadas às formas (D₃+25-OHD₃) associadas (2,30 mmAl). Esses resultados podem estar relacionados aos encontrados nos níveis plasmáticos de cálcio (21 dias de idade), onde as formas conjuntas tiveram maior concentração de cálcio (9,97 mg/dL) e as formas de vitamina D₃ o menor resultado (9,78 mg/dL). Sendo nessa idade onde evidenciam-se os problemas de pernas.

Resultados semelhantes ocorreram aos 42 dias de idade para densitometrias radiográficas das tíbias, onde a fonte de vitamina D₃ em seu maior nível de suplementação (43,75 µg/kg) apresentou ($p < 0,05$) o pior resultado (2,49 mmAl), em relação às formas (D₃+25-OHD₃) combinadas (2,68 mmAl) em seu menor nível de inclusão (35 µg/kg). Ainda pode ser observada uma relação entre as idades, onde o tratamento dois obteve menores médias para densitometria radiográfica tibial.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) ao contrastar as formas de suplementação no 42º dia, onde aves recebendo ração suplementada com vitamina D₃ apresentaram menor média de densitometria tibial (2,52 mmAl) em relação às que receberam formas de 25-OHD₃ (2,63 mmAl) e D₃+25-OHD₃ (2,61 mmAl). As formas associadas foram em todas as idades estudadas mais efetivas em aumentar a densidade tibial quando comparadas às formas de vitamina D₃.

3.5 Características de carcaça

Na Tabela 11 são representados os resultados de rendimentos de corte (rendimento de carcaça – RC; Rendimento de peito – RP e rendimento de coxa + sobrecoxa – RCS).

Não houve diferenciação ($p>0,05$) entre os tratamentos para nenhuma variável relacionada à característica de carcaça avaliada.

Tabela 11 Avaliação de características de carcaça (rendimento de carcaça – RC; rendimento de peito – RP e rendimento de coxa + sobrecoxa - RCS) de frangos de corte, aos 42 dias

Formas	Tratamentos	RC (%)	RP (%)	RCS (%)
D₃	1	73,31	31,40	29,74
	2	73,32	31,67	29,71
Média		73,32	31,54	29,73
25-OHD₃	3	73,46	32,21	29,82
	4	73,42	31,23	29,83
Média		73,44	31,72	29,83
D₃+25-OHD₃	5	73,52	32,45	29,87
	6	73,53	32,16	29,86
Média		73,53	32,31	29,87
Erro padrão		0,356	0,373	0,350
CV (%)		1,370	3,310	3,32
F (significância)		0,996	0,101	0,999
Probabilidade para contrastes avaliados				
(1+2)x(3+4)		NS	NS	NS
(1+2)x(5+6)		NS	0,046	NS
(3+4)x(5+6)		NS	NS	NS

Angel et al. (2005) estudando os níveis de fósforo, fitase e 25-OHD₃ em dietas de frangos de corte e seus efeitos sobre o desempenho, mineralização e densidade óssea também não constataram diferenças entre o rendimento de carcaça e seus cortes. Diferentemente, Brito et al. (2010) encontraram melhora no rendimento de carcaça dos frangos alimentados com rações suplementadas com 25-OHD₃ em relação às aves que receberam D₃.

Em relação aos contrastes ortogonais, é observado no rendimento de peito, que o uso da associação (D₃+25-OHD₃) das formas (32,31%) gerou um aumento significativo ($p < 0,05$) em relação do uso da fonte D₃ isoladamente (31,54%), o mesmo não se observa para a 25-OHD₃ (31,72%). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Korver (2005) que verificou aumento no rendimento de peito em frangos de corte, com o uso de 25-OHD₃.

Não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) para o rendimento de coxa/sobrecoxa entre os tratamentos, formas e suas associações, esses resultados se confirmam aos encontrados por Brito et al. (2010), os autores ainda ressaltam que estudos sobre os efeitos de diferentes formas de vitamina D sobre características de carcaça ganhou força nos últimos anos, com relatos de redução nas perdas e condenações das carcaças nos abatedouros, em função da melhoria na qualidade ou densidade óssea.

4 CONCLUSÃO

A utilização das formas 25-OHD₃ e D₃+25-OHD₃ em rações de frangos de corte favorece a conversão alimentar no período total de criação das aves e aumenta os teores de cinzas nas tíbias aos 42 dias de idade.

Em todas as fases estudadas a suplementação combinada de D₃+25-OHD₃ aumentou a densidade da tíbia dos frangos de corte em relação à vitamina D₃ na forma isolada.

De acordo com as respostas encontradas nas condições experimentais aqui descritas, pode-se concluir que a utilização conjunta das duas formas de suplementação de vitamina D (vitamina D₃ e 25-OHD₃) é indicada em dietas de frangos de corte.

REFERÊNCIAS

ABURTO, A. et al. The influence of vitamin A on the utilization and amelioration of toxicity of cholecalciferol, 25-hydroxycholecalciferol, and 1,25-dihydroxycholecalciferol in young broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, n. 4, p. 585–593, Apr. 1998.

ANGEL, R. et al. Effects of dietary phosphorus, phytase and 25-hydroxycholecalciferol on performance of broiler chickens grown in floor pens. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n. 7, p. 1031–1044, July 2005.

APPLEGATE, T. J.; ANGEL, R.; CLASSEN, H. L. Effect of dietary calcium, 25-hydroxycholecalciferol, and bird strain on small intestinal phytase activity in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 7, p. 1140-1148, July 2003.

ATENCIO, A.; EDWARDS JÚNIOR, H. M.; PESTI, G. M. Twenty-five hydroxycholecalciferol as a cholecalciferol substitute in broiler breeder hen diets and its effect on the performance and general health of the progeny. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n.8, p. 1277-1285, Aug. 2005.

BAKER, D. H. et al. Vitamin D₃ requirement of young chicks receiving diets varying in calcium and available phosphorus. **British Poultry Science**, London, v. 39, n. 3, p. 413–417, July 1998.

BAR, A. et al. Absorption and excretion of cholecalciferol and 25-hydroxycholecalciferol and metabolites in birds. **Journal Poultry Nutrition**, Minneapolis, v. 110, p. 1930-1934, 1980.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas**: 1961-1990. Brasília, 1992. 84 p.

BRITO, J. A. G. et al. Efeito da vitamina D3 e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte¹. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 12, p. 2656-2663, 2009.

CHOU, S. H.; CHUNG, T. K.; YU, B. Effects of supplemental 25-hydroxycholecalciferol on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, n. 11, p. 2333-2341, Nov. 2009.

DSM vitamin supplementation guidelines for domestic animals. Switzerland: DSM Nutritional Products, 2011. Disponível em: <<http://www.docstoc.com/docs/70952936/DSM-Vitamin-Supplementation-Guidelines>>. Acesso em: 22 maio 2011.

EDWARDS JÚNIOR, H. M. et al. Quantitative evaluation of 1- α -hydroxycholecalciferol as a colecalciferol substitute for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 664-669, May 2002.

EDWARDS JÚNIOR, H. M. Studies on the efficiency of cholecalciferol and derivatives for stimulating phytate utilization in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 81, n. 7, p.1026–1031, July 2002.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema para análise de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos: versão 4.3. Lavras: UFLA, 2000.

FRITTS, C. A.; WALDROUP, P. W. Comparasion of cholecalciferol and 25-hydroxycholecalciferol in broilers diets designed to minimize phosphorus excretion. **Journal Applied Poultry Research**, Savoy, v. 14, n. 1, p.156-166, 2005.

FRITTS, C. A.; WALDROUP, P. W. Effect of source and level of vitamin D on live performance and bone development in growing broilers. **Journal Applied Poultry Research**, Savoy, v. 12, n. 1, p. 45-52, 2003.

KAN, S. H. et al. Effect of the level of cholecalciferol supplementation of broiler diets on the Performance and tibial dyschondroplasia. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 94, p. 584–593, 2010.

KORVER, D. Research, analytical techniques and practical experiences using HyD™. In: ARKANSAS NUTRITION CONFERENCE, 1., 2005, Arkansas. **Proceedings...**Arkansas: [s. n.], 2005. 12 p.

LEDWABA, M. F.; ROBERSON, K. D. Effectiveness of twenty-five-hydroxycholecalciferol in the prevention of tibial dyscondroplasia in Ross cockerels depends on dietary calcium level. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 11, p. 1769–1777, Nov. 2003.

LILBURN, M. S. Skeletal growth of commercial poultry species. **Poultry Science**, Champaign, v. 73, n. 6, p. 897-903, 1994.

LIMA, N. R. et al. Desempenho em mineralização óssea em frangos de corte de 1 a 43 dias de idade com redução nutricional de fósforo e suplementado com fitase e 25-(OH)D₃. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 4., 2010, Estância de São Pedro. **Anais...**Berkeley: [s. n.], 2010. p. 99-100.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.

MCDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic, 1992. p. 524 .

MITCHELL, R. D.; EDWARDS JÚNIOR, H. M.; MCDANIEL, G. R. The effects of ultraviolet light and cholecalciferol and its metabolites on the development of leg abnormalities in chickens genetically selected for a high and low incidence of tibial dyschondroplasia. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 2, p. 346–354, Feb. 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of poultry**. 9th ed. Washington: National Academic Science, 1994. 155 p.

RAMA RAO, S. V. et al. Effect of high concentrations of cholecalciferol on growth, bone mineraliation, and mineral retention in broiler chicks fed suboptimal concentrations of calcium and nonphytate phosphorus. **Poultry science**, Champaign, v. 15, p. 493-501, 2006.

RENNIE, J. S.; WHITEHEAD, C. C. Effectiveness of dietary 25- and 1-hydroxy cholecalciferol in combating tibial dyschondroplasia in broiler chickens. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 37, n. 2, p. 413–421, May 1996.

RENNIE, J. S.; WHITEHEAD, C. C.; THORP, B. H. the effect of dietary 1,25-dihydroxycholecalciferol in preventing tibial dyschondroplasia in broilers fed on diets imbalanced in calcium and phosphorus. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 69, p. 809-816, 1993.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 141.

SAKOMURA, N. K. Efeito da debicagem e do enriquecimento ambiental no desempenho de galinhas poedeiras. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v. 13, p. 59-67, 1997.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SWENSON, M. J. Propriedades fisiológicas e constituintes químicos e celulares do sangue. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. (Ed.). **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856 p.

YARGER, J. G. et al. Comparison of dietary 25 hydroxycholecalciferol and cholecalciferol in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 7, p. 1159–1167, July 1995.

ZHANG, X. et al. Response of broiler lines selected for tibial dyschondroplasia incidence to supplementary 25-hydroxycholecalciferol. **Journal Applied Poultry Research**, Savoy, v. 6, n. 4, p. 410–416, 1997.

ZUBAIR, A. K.; LEESON, S. Compensatory growth in the broiler chicken: a review. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 52, p. 189-201, 1996.

CAPÍTULO 3 Níveis e formas de vitamina D em rações de frangos de corte e seus efeitos sobre balanço e retenção de cálcio e fósforo

RESUMO

Objetivou-se com a realização do presente trabalho avaliar o balanço e a retenção de cálcio e fósforo em função de diferentes formas e níveis de vitamina D (D_3 e 25-OHD $_3$) em rações de frangos de corte criados em gaiolas, nas fases inicial (14 a 21 dias), final (36 a 42 dias) e de criação. Foram utilizados 480 aves machos, Cobb-500, alojados em gaiolas metálicas, com dispositivos e manejo adaptados para a criação das aves. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos com 8 repetições cada. Os fatores em estudo foram níveis de suplementação de vitamina D oriunda de duas formas (D_3 / 25-OHD $_3$), onde os tratamentos constituíram da suplementação de dois níveis de cada fonte isolada e suas associações (60% D_3 + 40% 25OHD $_3$). As rações foram à base de milho e farelo de soja, com suplementação de fítase (500 FTU/kg). A fase experimental durou sete dias, sendo quatro para adaptação e três dias de coleta total de excreta. Foi utilizado o óxido férrico (1%) como marcador fecal para indicar o período de coleta. Foram avaliados o consumo, excreção e a retenção aparente de cálcio e de fósforo total em ambas as fases para determinação dos coeficientes de retenção desses minerais. Na primeira fase de criação a associação das duas formas proporcionou maior ($p<0,05$) retenção de cálcio e fósforo comparado com as aves que receberam ração suplementada apenas com D_3 , e maior ($p<0,05$) retenção de fósforo em relação às aves que receberam ração suplementada com 25OHD $_3$, também foi observada uma maior ($p<0,05$) excreção de fósforo pelas aves que receberam ração suplementada com vitamina D_3 . Na segunda fase de criação, as aves que receberam ração suplementada com vitamina D_3 apresentaram os menores ($p<0,05$) valores de consumo e retenção de cálcio e fósforo. As aves que receberam a associação das formas tiveram os menores valores ($p<0,05$) de excreção de cálcio e fósforo, conseqüentemente, os melhores valores de coeficientes de retenção desses minerais. Conclui-se com este trabalho que a suplementação das formas de vitamina D quando feitas em conjunto proporciona maiores coeficientes de retenção de cálcio e fósforo e menor excreção de fósforo, independentemente da fase.

Palavras-chave: Excreção. Coeficiente de retenção de Cálcio e Fósforo. Frango de corte.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the balance and the retention of calcium and phosphorus in function of different forms and vitamin levels D (D_3 e 25-OHD_3) in diets of broilers reared in cages, on the initial phase (14-21 d) and finisher (36-42 d) and creation. A total of 480 male birds Cobb-500, housed in metallic cages equipped with devices and management adapted to the birds creation. It was adopted a completely randomized design with 6 treatments and 8 replicates each. The factors in study were supplemented levels of vitamin D coming from two forms ($D_3/25\text{-OHD}_3$), where treatments consisted of two supplementation levels from each isolated source and their associations (60% $D_3+40\%25\text{OHD}_3$). The basal feed were corn and soybean meal based supplemented with phytase (500 FTU/kg). The experimental phase lasted seven days, four for adaptation and three days of total excreta collection. Ferric oxide was used (1%) as a fecal marker to indicate the collection period. Consumption, excretion and apparent retention of calcium and total phosphorus were evaluated in both phases to determine the retention coefficients these minerals. In the first phase of creation the association of two forms showed higher ($p < 0.05$) retention of calcium and phosphorus compared with birds fed diets supplemented only with D_3 , and higher ($p < 0.05$) phosphorus retention in relation to birds fed diets supplemented with 25OHD_3 , also was observed a higher ($p < 0.05$) phosphorus excretion by birds fed diets supplemented with vitamin D_3 . In the second phase, the birds fed diets supplemented with vitamin D_3 had the lowest ($p < 0.05$) values of consumption and retention of calcium and phosphorus. Birds that received the association of the forms had the lowest ($p < 0.05$) values excretion of calcium and phosphorus, therefore, the best values of retention coefficients these minerals. The conclusion of this study was that supplementation of the vitamin D forms when taken together provide higher retention coefficients of calcium and phosphorus and lower phosphorus excretion, independently of the phase.

Keywords: Excretion. Retention coefficient of calcium and phosphorus. Broiler.

1 INTRODUÇÃO

A produção de frangos de corte é a forma mais eficiente e barata de produzir proteína animal para alimentação humana no mundo, no entanto geram resíduos com alto conteúdo de minerais.

Regina (2010) relata que a vitamina D favorece a absorção de cálcio pela mucosa intestinal e estimula a incorporação de cálcio e fósforo nas matrizes ósseas.

A 25-OHD₃ possibilita um melhor aproveitamento do cálcio e fósforo dietético elevando a sua absorção e posterior fixação nos ossos, uma vez que é fornecido já na forma hidroxilada. Esse metabólito não requer hidroxilação a nível de fígado havendo uma economia energética no animal, possibilitando uma eficiência maior que a vitamina D₃ na absorção intestinal, tanto do cálcio quanto do fósforo (LEESON; SUMMERS, 2001)

Alguns relatos da literatura (NAHM, 2007), consideram que as reservas de fósforo, que não são renováveis, em médio prazo, deverão estar escassas. Estima-se que cerca de 14,4 milhões de toneladas de fósforo fítico são gerados anualmente no mundo, nas colheitas de grãos/sementes e frutas, número que representaria 65% nas vendas de fertilizantes fosfatados anualmente em todo o mundo (LOTT et al., 2000).

Inúmeros trabalhos evidenciam a participação do cálcio na mineralização óssea, sendo sua deficiência e/ou baixa retenção, diretamente ligadas a anomalias ósseas. Ainda não há uma relação bem definida entre a retenção de cálcio e de fósforo (BERTECHINI, 2006).

A absorção de cálcio é cerca de 2 vezes mais potente quando é utilizada a 25-OHD₃ em substituição total do colecalciferol (SOARES JÚNIOR; KERR; GRAY, 1995).

Trabalhos recentes revelam um efeito sinérgico entre o uso de fitases e metabólitos ativos de vitamina D (EDWARDS JÚNIOR et al., 2002; LEDWABA; ROBERSON, 2003; QUIAN; KORNEGAY; DENBOW, 1997). A fitase tem efeito positivo em aumentar a retenção de cálcio e fósforo em aves de corte (YAN; WALDROUP, 2006).

Nahm (2007) relatou que entre outros fatores, para uma melhor utilização de fósforo pelas aves, a suplementação de vitamina D, o uso de diferentes metabólitos dessa vitamina e a interação desses dois fatores com a suplementação de fitase nas rações, aumentou a retenção desse mineral pelas aves.

Yan e Waldroup (2006) verificaram que o teor de fósforo das excretas de frangos de corte variou de 1,06%, 1,11%, 0,98% e 0,78%, com a suplementação de vitamina D₃ (69 µg ou 2760 UI/kg), vitamina D₃ + fitase (100 FTU/kg), 25-OHD₃ e 25-OHD₃ + fitase (100FTU/kg), respectivamente. Esses autores concluíram que a associação de fitase e 25-OHD₃ é ótima alternativa para a redução do nível de fósforo dietético e a consequente redução na excreção desse mineral, que é potencial poluidor ambiental.

Edwards Júnior (2002) verificou que a suplementação de 5 µg/kg (200UI/kg) de 25-OHD₃ uma ração basal contendo 27,5 µg/kg (1.100 UI/kg) de vitamina D₃, para frangos de corte de 1 a 16 dias de idade, com níveis de cálcio e fósforo disponível abaixo dos recomendados (0,75% e 0,3%, respectivamente) não afetou a retenção de cálcio e de fósforo total, aos 8 e 16 dias. Porém, aumentou significativamente a retenção de fósforo fítico aos 8 e 16 dias (38% para 44% e 53% para 64%, respectivamente) em relação à ração basal contendo 1100 UI/kg de vitamina D₃.

Assim sendo, objetivou-se com a realização do presente trabalho, avaliar o balanço e a retenção de cálcio e fósforo em função de diferentes formas de

vitamina D (D_3 e 25-OHD_3) e níveis de suplementação em rações de frangos de corte, na fase inicial (14 a 21 dias) e na fase final (35 a 42 dias) de criação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e época de realização

Dois ensaios metabólicos foram conduzidos no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras-MG, no período de setembro de 2008 a dezembro de 2008.

2.2 Aves, instalações e equipamentos

Foram utilizadas 480 aves machos da linhagem Cobb-500, provenientes de incubatório comercial, alojados em galpão com cobertura de telhas de cimento amianto, cortinas laterais com dispositivos de catraca (subida e descida) para controle parcial da temperatura e ventilação. Foram utilizadas três fileiras de gaiolas, com divisões de 75x63x50cm, com dispositivos adaptados para cada fase de criação, comedouros tipo calha, bebedouros tipo copo e bandejas coletoras de excretas.

Os dois ensaios de metabolismo procederam da mesma forma sendo que, as únicas variações foram: a idade das aves e o número de aves alojadas por parcela. No primeiro ensaio, as aves foram alojadas aos 14 dias e retiradas aos 21 dias de idade, no segundo ensaio as aves foram alojadas aos 35 dias e retiradas aos 42 dias de idade.

No primeiro ensaio foram alojadas 288 aves distribuídas em 48 parcelas onde foram distribuídas de forma aleatória nas gaiolas metabólicas. No segundo ensaio foram alojadas 192 aves, distribuídas nas mesmas condições de divisão de parcelas da fase 1. Após cada fase de avaliação, todas as aves foram abatidas para análises.

2.3 Delineamento e tratamentos experimentais

Os tratamentos experimentais foram constituídos por dois níveis de suplementação de vitamina D (70 e 87,5 µg/kg de ração), provenientes de três formas de suplementação, vitamina D₃, 25-OHD₃ e pela combinação das duas formas de vitamina D (60% de vitamina D e 40% de 25-OHD₃). De acordo com a fase de criação, a suplementação de vitamina D foi reduzida em todos os tratamentos (50% final), em relação à suplementação inicial. Os tratamentos estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 Níveis e formas de suplementação de vitamina D para frangos de corte em diferentes fases de criação

Tratamento	Idade (dias)	
	01 – 21	36 – 42 (50% de redução na suplementação)
	Vitamina D₃ (µg/Kg)	
1	70 (2.800 UI/Kg)	35 (1.400 UI/Kg)
2	87,5 (3.500 UI/Kg)	43,75 (1.750 UI/Kg)
	25-OHD₃ (µg/Kg)	
3	70 (2.800 UI/Kg)	35 (1.400 UI/Kg)
4	87,5 (3.500 UI/Kg)	43,75 (1.750 UI/Kg)
	Vit. D₃ + 25-OHD₃ (µg/Kg)	
5	42 + 28 (2.800 UI/Kg)	21 + 14 (1.400 UI/Kg)
6	52,5 + 35 (3.500 UI/Kg)	26,25 + 17,5 (1.750 UI/Kg)

Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e oito repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas formas de

suplementação de vitamina D e níveis/programas de suplementação, de acordo com as fases de criação. A parcela experimental do primeiro ensaio foi constituída de seis e a do segundo ensaio quatro aves.

2.4 Rações e manejo experimental

As rações experimentais (Tabela 2) foram à base de milho e de farelo de soja, contendo duas rações (inicial 14-21 dias e final 36-42 dias), seguindo as recomendações de Bertechini (2006), com suplementação de fitase em todas as rações (Ronozyme P CT - 500 FTU/kg), com redução de, aproximadamente, 25% (0,1 ponto porcentual) no teor de fósforo disponível e 10% (0,1 ponto porcentual) nas exigências de cálcio.

As aves foram submetidas ao mesmo manejo relativo à alimentação, praticado no estudo de desempenho e a confecção das rações foram feitas como descrito no Capítulo 2.

As rações experimentais, para cada fase (inicial e final), foram isonutrientes, com exceção dos níveis de vitamina D, que constituíram os tratamentos. A composição nutricional dos principais alimentos usados na formulação foi obtida em tabelas brasileiras (ROSTAGNO et al., 2005).

As rações experimentais foram preparadas e estocadas em local ao abrigo da luz e com temperatura variando de 20 a 28 °C. Os tratamentos foram sorteados para cada parcela experimental e as rações fornecidas à vontade, duas vezes ao dia. A água foi fornecida à vontade, em todo o período experimental e foram efetuadas vacinações contra a doença infecciosa da bursa, aos 7 e aos 14 dias.

Tabela 2 Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações experimentais

Ingredientes (%)	Ração/Fase	
	Inicial 14-21 dias	Final 36-42 dias
Milho	57,418	64,917
Farelo de soja	37,050	27,800
Fosfato bicálcico	1,280	1,000
Calcário calcítico	0,923	0,900
Óleo de soja	2,000	4,200
Sal comum	0,450	0,400
DL-metionina (99%)	0,241	0,200
L-Lisina (78%)	0,081	0,185
L-Treonina (99%)	0,003	0,045
Fitase 5000 FTU/g	0,010	0,010
Cloreto de colina (70%)	0,057	0,030
Salinomicina sódica (12%)	0,050	-
Premix vitamínico ¹	0,100	0,100
Premix mineral ²	0,100	0,100
Bacitracina de zinco (15%)	0,025	-
Sulfato de colistina (8%)	0,013	-
Bicarbonato de sódio	0,100	-
Tratamento (inerte + vitamina)	0,100	0,100
Total	100	100
Composição nutricional		
EMA (kcal/kg)	2975	3220
Proteína bruta (%)	21,66	18,06
Cálcio (%)	0,80	0,70
Fósforo disponível (%)	0,35	0,29
Lisina digestível(%)	1,13	0,99
Metionina digestível(%)	0,53	0,45
Metionina+Cistina (%)	0,84	0,72
Treonina digestível (%)	0,74	0,66
Sódio (%)	0,20	0,17

¹ Suplemento vitamínico (DSM). Níveis de garantia/kg do produto: Vitamina A 10.000.000 UI; Vit. E 40.000 UI; Vit. K₃ 3.000mg; Vit B₁ 2.000mg; Vit B₂ 7.000mg; Vit. B₆ 5.000mg; Vit. B₁₂ 20.000µg; Ac. fólico 1.500mg; Ac. pantotênico 15.000 mg; Niacina 50.000mg; Biotina 100mg; Selênio 150mg, Antioxidante 125mg.

² Suplemento micromineral (DSM). Níveis de garantia/kg do produto: Mn 80.000mg; Zn 80.000mg; Fe 60.000mg; Cu 10.000mg; I 1.000mg; Co 1.000 mg.

2.5 Metodologia

Foi utilizado o método tradicional de coleta total de excretas, no qual as aves com pesos semelhantes foram mantidas nas gaiolas de metabolismo durante 7 dias, sendo considerados 4 dias para adaptação às gaiolas, e 3 dias para a coleta de excretas (19º ao 21º dia, fase inicial; 39º ao 42 dia, fase final). As rações e as sobras foram pesadas e registradas, respectivamente, no início e no final do período experimental para a obtenção do consumo de ração no período de avaliação, para posterior realização dos cálculos.

Após o período de adaptação, utilizou-se no início e o final das coletas de excretas, óxido férrico (1%) nas rações como marcador fecal. As coletas foram realizadas duas vezes ao dia, às 8 horas e as 16 horas e 30 minutos, com a finalidade de evitar possível fermentação. As excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e armazenados em *freezer* à temperatura de -5°C, até o período final do experimento. Ao final das coletas, as amostras foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas e delas, foram retiradas alíquotas de 400 gramas para análises laboratoriais posteriores. Essas amostras foram submetidas a uma pré-secagem em estufa de circulação de ar (55°C), pelo período de 72 horas. Posteriormente, foram pesadas, para a determinação da matéria pré-seca e moídas, utilizando-se “moinho” com peneiras de 0,5 mm e então direcionadas para análises posteriores (matéria seca, cálcio e fósforo).

2.6 Análises laboratoriais

As análises de teores de cálcio e fósforo das rações experimentais e das excretas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal da UFLA, seguindo métodos descritos por Silva e Queiroz (2002).

2.7 Análises das rações experimentais

Os resultados das análises de cálcio e fósforo das rações experimentais (média dos tratamentos) são representados na Tabela 3.

Tabela 3 Composição calculada (analisada) de cálcio e fósforo nas rações experimentais, em diferentes fases de criação na base natural¹

Nutriente	Fase/idade (dias)	
	14-21	35-42
Cálcio (%)	0,80 (0,86)	0,70 (0,70)
Fósforo total (%)	0,56 (0,63)	0,48 (0,55)

¹ Análises realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal - DZO/UFLA

2.8 Características avaliadas

As características avaliadas foram consumo, excreção e retenção (absoluta e porcentual) de cálcio e fósforo, assim como a concentração desses nas excretas.

2.9 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análises de variância utilizando o pacote computacional Sistemas para Análises de Variância (SISVAR), segundo Ferreira (2000), sendo os tratamentos comparados pelo teste SNK, a 5% de probabilidade.

Foram utilizados contrastes ortogonais de interesse desse trabalho para estudar os efeitos das formas de vitamina D.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Consumo, excreção e retenção (absolutos) de cálcio e fósforo

Os resultados referentes ao consumo, excreção e balanço (absolutos) de cálcio (19-21 dias) estão representados na Tabela 4.

Tabela 4 Consumo (CCa – g/ave), excreção aparente (ECa – g/ave) e retenção aparente (RCa – g/ave) de cálcio em frangos de corte no período de 19 a 21 dias de idade, submetidos a formas e níveis de vitamina D

Dietas		Característica		
Fonte	Tratamentos	CCa (g/ave)	ECa (g/ave)	RCa (g/ave)
D₃	1	3,305	1,443	1,862
	2	3,304	1,421	1,883
Média		3,305	1,432	1,873
25-OHD₃	3	3,330	1,414	1,916
	4	3,335	1,400	1,935
Média		3,333	1,407	1,926
D₃ + 25OHD₃	5	3,426	1,435	1,991
D₃ + 25OHD₃	6	3,274	1,340	1,934
Média		3,350	1,388	1,962
Erro padrão		0,057	0,013	0,015
CV(%)		4,85	6,64	4,67
F (significância)		0,532	0,073	0,094
Probabilidade para contrastes avaliados				
(1+2)x(3+4)		NS	NS	NS
(1+2)x(5+6)		NS	NS	0,007
(3+4)x(5+6)		NS	NS	NS

Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) sobre o consumo e excreção absoluta de cálcio (g/ave), em relação aos níveis e formas em estudo. Porém, ao contrastar a fonte de vitamina D₃ com a associação das duas formas, verificou-se maior (4,75 %) retenção absoluta de cálcio ($p = 0,007$) nos frangos alimentados com a associação das duas formas de vitamina D.

Brito et al. (2010) avaliando formas/níveis e suas associações, também não encontraram diferenças para as características de consumo e excreção absoluta de cálcio para frangos suplementados por formas de vitamina D, porém, como encontrado em alguns trabalhos na literatura (NAHM, 2007; SOARES JÚNIOR; KERR; GRAY, 1995; YAN; WLADROUP, 2006), os autores observaram uma melhor retenção de cálcio pelos frangos suplementados com o uso de metabólitos de vitamina D mais ativos.

Resultados diferentes foram encontrados por Edwards (2002), que não verificou alteração na retenção de cálcio para frangos de corte em função da suplementação de 25-OHD₃ (5 µg/kg), a uma ração basal contendo 27,5 µg/kg de vitamina D₃, porém, com níveis bem mais baixos em relação ao presente trabalho.

Os resultados referentes ao consumo, excreção e balanço (absolutos) de cálcio (40-42 dias) estão representados na Tabela 5.

Assim como na fase anterior, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos para os parâmetros avaliados.

Contrastando a variável retenção de cálcio, observou-se ($p < 0,05$) que as formas associadas retiveram 8,7% de cálcio a mais que as formas isoladas de vitamina D₃. A associação das formas demonstra-se eficaz na melhor retenção de cálcio, como foi relatado por Brito et al. (2010).

Thabet et al. (2009), trabalhando com frangos de cortes alimentados com vitamina D₃ (colecalférol), concluiu que os melhores resultados de retenção de

cálcio foram para as aves que receberam rações com maior nível de inclusão de vitamina.

Tabela 5 Consumo (CCa – g/ave), excreção aparente (ECa – g/ave) e retenção aparente (RCa – g/ave) de cálcio em frangos de corte no período de 40 a 42 dias de idades, submetidos a formas e níveis de vitamina D

Dietas		Característica		
Fonte	Tratamentos	CCa (g/ave)	ECa (g/ave)	RCa (g/ave)
D₃	1	4,195	1,918	2,277
	2	4,105	1,875	2,230
Média		4,150	1,897	2,253
25-OHD₃	3	4,423	2,011	2,412
	4	4,413	2,006	2,406
Média		4,418	2,009	2,409
D₃ + 25OHD₃	5	4,295	1,867	2,428
D₃ + 25OHD₃	6	4,293	1,794	2,498
Média		4,294	1,801	2,469
Erro padrão		0,096	0,067	0,064
CV(%)		6,30	9,93	7,64
F (significância)		0,165	0,183	0,067
Probabilidade para contrastes avaliados				
(1+2)x(3+4)		NS	NS	0,020
(1+2)x(5+6)		NS	NS	0,002
(3+4)x(5+6)		NS	NS	NS

Na Tabela 6 estão representados os resultados referentes ao consumo, excreção e balanço (absolutos) de fósforo (19-21 dias).

Para essa fase não foram observadas diferenças ($p > 0,05$), quanto ao consumo, excreção e retenção de fósforo. Resultados que são coerentes aos

obtidos por Brito et al. (2010), que ao analisarem esses índices não encontraram diferenças.

Nos contrastes entre as formas de vitamina D, verificou-se um maior valor ($p < 0,05$) de excreção de fósforo para as aves suplementadas com vitamina D₃ e, esse valor corresponde a 6,93% a mais de excreção de fósforo, comparadas às aves suplementadas com 25-OHD₃ e as associações (D₃+25-OHD₃).

Tabela 6 Consumo (CP – g/ave), excreção aparente (EP – g/ave) e retenção aparente (RPt – g/ave) de fósforo em frangos de corte no período de 19 a 21 dias de idade, submetidos a formas e níveis de vitamina D

Fonte	Dietas		Característica	
	Tratamentos	CP (g/ave)	EP (g/ave)	RPt (g/ave)
D ₃	1	2,277	0,925	1,352
	2	2,276	0,937	1,339
Média		2,277	0,945	1,332
25-OHD ₃	3	2,237	0,884	1,353
	4	2,184	0,872	1,312
Média		2,211	0,878	1,333
D ₃ + 25-OHD ₃	5	2,327	0,908	1,419
D ₃ + 25-OHD ₃	6	2,229	0,854	1,375
Média		2,278	0,881	1,397
Erro padrão		0,039	0,023	0,025
CV(%)		4,93	7,13	5,31
F (significância)		0,192	0,094	0,097
Probabilidade para contrastes avaliados				
(1+2)x(3+4)		NS	0,023	NS
(1+2)x(5+6)		NS	0,031	0,049
(3+4)x(5+6)		NS	NS	0,015

Para retenção de fósforo foi observado ($p < 0,05$) um maior valor de retenção (4,11%) para as aves suplementadas com a associação das formas vitamina D. Brito et al. (2010), observaram uma maior retenção de fósforo (4,76%) da fonte 25-OHD₃ sobre a vitamina D₃, e não observou diferença entre as formas e suas associações.

Na Tabela 7 estão representados os resultados referentes ao consumo, excreção e retenção de fósforo (40-42 dias). Não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos para a idade de 40 a 42 dias. Angel et al. (2006) observaram menor consumo e menor excreção, conseqüentemente maior retenção de fósforo quando as aves foram suplementadas com fitase e 25-OHD₃.

Tabela 7 Consumo (CP – g/ave), excreção aparente (EP – g/ave) e retenção aparente (RPt – g/ave) de fósforo em frangos de corte no período de 40 a 42 dias de idade, submetidos a formas e níveis de vitamina D

Dietas		Característica		
Fonte	Tratamentos	CP (g/ave)	EP (g/ave)	RPt (g/ave)
D₃	1	3,041	1,392	1,649
	2	2,976	1,339	1,637
Média		3,009	1,366	1,643
25-OHD₃	3	3,206	1,432	1,774
	4	3,199	1,425	1,774
Média		3,203	1,429	1,774
D₃ + 25OHD₃	5	3,114	1,355	1,759
D₃ + 25OHD₃	6	3,112	1,320	1,792
Média		3,113	1,338	1,775
Erro padrão		0,069	0,041	0,040
CV(%)		6,30	8,40	6,51
F (significância)		0,165	0,292	0,061
Probabilidade para contrastes avaliados				
(1+2)x(3+4)		NS	NS	0,002
(1+2)x(5+6)		NS	NS	0,002
(3+4)x(5+6)		NS	NS	NS

Para o contraste retenção de fósforo, as aves que receberam ração contendo vitamina D₃ foi constatado diminuição dessa variável (1,643 g/ave), o que representa 7,41% menos retenção em relação à média das demais formas de vitamina D. A suplementação de 25OHD₃ e D₃+25OHD₃ em rações de frangos de corte mostraram maior eficiência quanto ao aumento da retenção de cálcio e fósforo na fase final de criação em relação à D₃.

3.2 Coeficientes de retenção de cálcio e fósforo

Os resultados de coeficientes de retenção aparente de cálcio e fósforo na fase de 19-21 dias estão representados na Tabela 8.

Tabela 8 Coeficiente de retenção aparente de cálcio (CRACa – %) e fósforo (CRAP – %) em frangos de corte no período de 19 a 21 dias de idade, submetidos a formas e níveis de vitamina D

Fonte	Dietas		Características	
	Tratamentos	CRACa ¹ (%)	CRAP ¹ (%)	
D₃	1	56,35b	59,37ab	
	2	57,00b	58,79b	
Média		56,675	59,080	
25-OHD₃	3	57,55ab	60,52ab	
	4	58,08ab	60,08ab	
Média		57,815	60,300	
D₃ + 25OHD₃	5	58,13ab	61,03ab	
D₃ + 25OHD₃	6	59,10 a	61,68 a	
Média		58,615	61,355	
Erro padrão		0,481	0,619	
CV(%)		2,36	2,90	
F (significância)		0,005	0,023	
Probabilidade para contrastes avaliados				
(1+2)x(3+4)		0,022	NS	
(1+2)x(5+6)		0,01	0,01	
(3+4)x(5+6)		NS	NS	

¹Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK (p<0,05).

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para as duas variáveis em estudo, sendo que as aves que receberam a associação das formas (52,5+35 $\mu\text{g}/\text{kg}$) tiveram maior (4,27%) retenção de cálcio em relação à média das aves suplementadas com vitamina D_3 . Ao contrastar as formas observa-se que as aves suplementadas com vitamina D_3 tiveram o pior resultado ($p < 0,05$) de coeficiente de retenção de cálcio. Resultados que são confirmados por Brito et al. (2009), que observaram uma melhor retenção de cálcio pelas aves suplementadas com a associação das duas formas.

Para coeficiente de retenção de fósforo, as aves que receberam a associação das formas de vitamina D (52,5+35 $\mu\text{g}/\text{kg}$) tiveram maior (4,68%) coeficiente de retenção de fósforo comparadas às aves suplementadas com o maior nível de vitamina D_3 (87,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$). De modo geral, a superioridade no coeficiente de retenção de fósforo das aves suplementadas com a associação das formas de vitaminas D, em relação às suplementadas com vitamina D_3 , é confirmada pela significância ($p < 0,05$) do contraste em questão. Essa diferença foi observada por Angel et al. (2006), que verificaram um melhor coeficiente de retenção de fósforo pelas aves que receberam rações suplementadas com fitase/25-OHD₃.

Os resultados de coeficientes de retenção aparente de cálcio e fósforo na fase de 40-42 dias estão representados na Tabela 9.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos somente para o coeficiente de retenção de fósforo, sendo que as aves que receberam a associação das formas (52,5+35 $\mu\text{g}/\text{kg}$) obtiveram maior (5,95%) coeficiente de retenção de fósforo em relação às aves suplementadas com o menor nível de vitamina D_3 (43,75 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

Em ambos, as características avaliadas, ao contrastar as formas foi observado um maior coeficiente de retenção de cálcio e fósforo das aves

suplementadas com a associação das formas, com médias de 57,45% de CRACa e 57,13% de CRAP.

Os resultados encontrados para coeficientes de retenção de cálcio e fósforo neste trabalho são semelhantes aos encontrados por Brito et al. (2010), que ressaltaram resultados melhores para a associação das formas de vitamina D.

Os autores também relatam uma menor correlação na absorção dos dois minerais pelas aves alimentadas com rações suplementadas com vitamina D₃, em relação a 25-OHD₃, e concluíram que esse é um fator importante na prevenção de problemas esqueléticos para frangos de corte.

Tabela 9 Coeficiente de retenção aparente de cálcio (CRACa – %) e fósforo (CRAP – %), em frangos de corte (no período de 40 a 42 dias de idade), submetidos a formas e níveis de vitamina D

Dietas		Característica	
Fonte	Tratamentos	CRACa (%)	CRAP ¹ (%)
D ₃	1	54,32	54,29 b
	2	54,30	54,97ab
Média		54,31	54,63
25-OHD ₃	3	54,51	55,28ab
	4	54,52	55,45ab
Média		54,515	55,365
D ₃ + 25OHD ₃	5	56,55	56,53ab
D ₃ + 25OHD ₃	6	58,35	57,73 a
Média		57,45	57,13
Erro padrão		1,073	0,709
CV(%)		5,48	3,60
F (significância)		0,052	0,021

“Tabela 9, conclusão”

Dietas		Característica	
Fonte	Tratamentos	CRACa (%)	CRAP ¹ (%)
Probabilidade para contrastes avaliados			
(1+2)x(3+4)		NS	NS
(1+2)x(5+6)		0,006	0,001
(3+4)x(5+6)		0,009	0,017

¹ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK ($p < 0,05$).

3.3 Concentração de cálcio e fósforo nas excretas

Na Tabela 10 são representados os valores percentuais de cálcio e fósforo nas excretas em frangos de corte de 19 a 21 dias, que traz um caráter interpretativo do potencial de excreção/poluição do ambiente em função das dietas avaliadas.

Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para concentração de cálcio nas excretas entre os tratamentos em estudo. Porém, ao contrastar as formas, observou-se diferença significativa ($p < 0,01$). Frangos de corte alimentados com ração contendo suplementação conjunta obtiveram melhores resultados quando comparadas às suas formas isoladas.

Tabela 10 Concentração de cálcio (CaE – %) e fósforo total (PE – %) nas excretas de frangos de corte no período de 19 a 21 dias de idade, expressos na matéria seca, submetidos a formas e níveis de vitamina D

Dietas		Característica	
Fonte	Tratamentos	CaE (%)	PE ¹ (%)
D₃	1	1,61	1,05 b
	2	1,61	1,06 b
Média		1,61	1,06
25OHD₃	3	1,60	1,00 a
	4	1,60	1,00 a
Média		1,60	1,00
D₃ + 25OHD₃	5	1,56	0,99 a
D₃ + 25OHD₃	6	1,55	0,99 a
Média		1,555	0,99
Erro padrão		0,019	0,012
CV(%)		3,34	3,30
F (significância)		0,107	0,002
Probabilidade para contrastes avaliados			
(1+2)x(3+4)		NS	0,01
(1+2)x(5+6)		0,01	0,01
(3+4)x(5+6)		0,01	NS

¹ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK (p<0,05).

Houve diferença significativa (p<0,05) para concentração de fósforo nas excretas. As aves alimentadas com os dois níveis de suplementação de 25-OHD₃ bem como os da associação de D₃+25-OHD₃ apresentaram os menores níveis de fósforo nas excretas, resultados que corroboram com os contrastes em estudo, onde a fonte de D₃ obteve os maiores percentuais de fósforo nas excretas.

Os resultados revelaram que a fonte 25-OHD₃ e as formas associadas foram efetivas em reduzir a concentração de fósforo nas excretas, elemento com maior potencial poluidor relacionado ao metabolismo da vitamina D. Esses resultados condizem com os de Yan e Waldroup (2006), que verificaram redução na excreção de fósforo com a utilização da 25-OHD₃, nas rações de

frangos de corte suplementadas com fitase e milho com alto e baixo conteúdo de fósforo fítico.

Os resultados de excreção de cálcio e fósforo do presente estudo estão de acordo com aqueles obtidos por Brito et al. (2010), que avaliando formas e níveis de vitamina D, não observaram efeitos dos níveis de suplementação de vitamina D sobre o teor de cálcio e fósforo nas excretas, porém, verificaram efeitos das formas sobre a concentração de fósforo nas excretas, ou seja, aves alimentadas com rações suplementadas com 25-OHD₃ apresentaram menor conteúdo de fósforo nas excretas.

Na Tabela 11 são representados os valores percentuais de cálcio e fósforo nas excretas em frangos de corte de 40 a 42 dias.

Tabela 11 Concentração de cálcio (CaE – %) e fósforo (PE – %) nas excretas de frangos de corte no período de 40 a 42 dias de idade, expressos na matéria seca, submetidos às formas e níveis de vitamina D

Fonte	Dietas		Característica	
	Tratamentos		CaE (%)	PE ¹ (%)
D₃	1		1,69	1,21 ab
	2		1,71	1,22 b
Média			1,70	1,22
25OHD₃	3		1,68	1,20 ab
	4		1,69	1,20 ab
Média			1,69	1,20
D₃ + 25OHD₃	5		1,65	1,19 a
D₃ + 25OHD₃	6		1,62	1,19 a
Média			1,635	1,19
Erro padrão			0,029	0,007
CV(%)			4,83	1,67
F (significância)			0,102	0,011

“Tabela 11, conclusão”

Dietas		Característica	
Fonte	Tratamentos	CaE (%)	PE ¹ (%)
Probabilidade para contrastes avaliados			
(1+2)x(3+4)		NS	0,025
(1+2)x(5+6)		0,039	0,01
(3+4)x(5+6)		0,050	NS

¹ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK (p<0,05).

Ao contrastar as formas, observou-se efeito significativo (p<0,05). As formas de suplementação 25-OHD₃ e D₃ + 25OHD₃ foram mais efetivas em reduzir a concentração de fósforo nas excretas de frangos de corte, quando comparadas com as formas de vitamina D₃.

Thabet et al. (2009) comparando uma ração controle contendo 0,9% Ca e 0,45% Pd sem suplementação de vitamina D com rações contendo 50% a menos desses minerais, mas suplementada com 3.000, 7.000 e 8.000 UI de colecalciferol, concluem que rações suplementadas com vitamina D são efetivas em reduzir a concentração de cálcio e fósforo nas excretas de frangos de corte.

A suplementação com a 25-OHD₃ em rações contendo fitase para frangos de corte foi eficiente em diminuir as concentrações de fósforo nas excretas em relação a uma dieta basal (ANGEL et al., 2002).

Existe um grande potencial da 25-OHD₃ em reduzir a excreção de fósforo em frangos de corte, visto que esse mineral é um dos principais poluidores do ecossistema.

4 CONCLUSÃO

A suplementação da 25-OHD₃ e D₃+25-OHD₃, mostrou-se mais eficaz para otimizar a retenção de cálcio e fósforo e minimizar a excreção de fósforo em frangos de corte.

Rações contendo fitase, suplementadas com 25-OHD₃ e com a associação de vitamina D₃+ 25-OHD₃ na fase de 19 a 21 dias são efetivas em reduzir o nível de fósforo nas excretas de frangos de corte.

A associação das vitaminas (D₃+25-OHD₃) com nível de inclusão de 52,5+35 µg/kg apresentaram maior coeficiente de retenção de cálcio e fósforo em relação aos dois níveis (70; 87,5 µg/kg) de vitamina D₃ na fase inicial.

REFERÊNCIAS

- ANGEL, R. et al. Effect of Dietary Phosphorus, Phytase, and 25-Hydroxycholecalciferol on Broiler Chicken Bone Mineralization, Litter Phosphorus, and Processing Yields. **Poultry Science**, Champaign, v. 85, n. 8, p. 1200–1211, Mar. 2006.
- ANGEL, R. et al. Phytic acid chemistry: Influence on phytin-phosphorus availability and phytase efficacy. **Journal Applied Poultry Research**, Savoy, v. 11, n. 4, p. 471-480, 2002.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301 p.
- BRITO, J. A. G. et al. Efeito da vitamina D3 e 25-hidroxi-colecalciferol sobre o desempenho, o rendimento de carcaça e a morfologia intestinal de frangos de corte¹. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 12, p. 2656-2663, 2009.
- EDWARDS JÚNIOR, H. M. et al. Quantitative evaluation of 1- α -hydroxycholecalciferol as a colecalciferol substitute for broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 664-669, May 2002.
- EDWARDS JÚNIOR, H. M. Studies on the efficiency of cholecalciferol and derivatives for stimulating phytate utilization in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 81, n. 7, p. 1026–1031, July 2002.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema para análise de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos: versão 4.3. Lavras: UFLA, 2000.
- LEDWABA, M. F.; ROBERSON, K. D. Effectiveness of twenty-five-hydroxycholecalciferol in the prevention of tibial dyscondroplasia in Ross cockerels depends on dietary calcium level. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, n. 11, p. 1769–1777, Nov. 2003.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Scott's nutrition of the chicken**. 4th ed. Guelph: University Books, 2001. 591 p.

LOTT, J. N. et al. Phytic acid on phosphorus crop seed and fruit: a global estimate. **Seed Science Research**, Wellington, v. 10, n. 1, p. 11-33, Mar. 2000.

NAHM, K. H. Efficient phosphorus utilization in poultry feeding to lessen the environmental impact of excreta. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 63, n. 4, p. 4625-4654, Dec. 2007.

QUIAN, H.; KORNEGAY, E. T.; DENBOW, D. M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol and the calcium:total phosphorus ratio in broiler diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n. 1, p. 37-46, Jan. 1997.

REGINA, R. **Nutrição animal, principais ingredientes e manejo de aves e suínos**. São Paulo: Fundação Cargill, 2010. p. 413.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 141.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SOARES JÚNIOR, J. H.; KERR, J. M.; GRAY, R. W. 25-Hydroxycholecalciferol in poultry nutrition. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, p.1919-1934, 1995.

THABET, H. A. et al. Effect of high levels of cholecalciferol on performance, some blood constituents, bone quality and mineral retention in broiler chicks fed low levels of calcium and phosphorus. **Journal Agriculture Science**, Mansoura, v. 34, n. 12, p. 11011-11020, 2009.

YAN, F.; WALDROUP, P. W. Nonphytate phosphorus requirement and phosphorus excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn as influenced by phytase supplementation and vitamin d source. **International Journal Poultry Science**, Farsalabad, v. 5, p. 219-228, 2006.